

Implementação de metodologias *Lean* num setor de trabalho Corte LASER 2D

Maria de Herdeiro Cachim

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof^ª Dra. Ana Maria Azevedo Neves

Orientador na empresa: Eng. Carlos Furtado



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Julho 2018

Aos meus pais

Resumo

A presente dissertação foi elaborada em ambiente académico e empresarial, na empresa metalomecânica Quantal S.A.

O objetivo geral do projeto consistiu na implementação das metodologias *Lean* no setor de Corte LASER 2D. Após a análise detalhada do setor, foi possível com base na informação recolhida, através de observação visual e de questionários realizados aos colaboradores identificar situações suscetíveis de melhoria, tendo por base a filosofia *Lean*, dando assim cumprimento aos objetivos específicos definidos para este projeto.

Após a análise da situação existente no posto de trabalho no setor Corte LASER 2D, decidiu-se pela implementação de um novo posto de trabalho utilizando as ferramentas *Lean* com primordial atenção à aplicabilidade dos 5S's. Numa primeira fase, analisaram-se as alternativas existentes no mercado, sendo que se optou, numa segunda fase, pela criação e desenvolvimento deste projeto “intra muros”.

No que diz respeito à necessidade de um sistema de sinalização e monitorização que permita o registo e análise da atividade das máquinas, foi implementada uma solução de software integrado que permite a análise em tempo real da atividade e o armazenamento desta informação para posterior estudo.

Apesar do sistema de sinalização de software integrado permitir analisar a disponibilidade da atividade das máquinas, não permite identificar os motivos associados às razões que levam à paragem das máquinas, pelo que, foi necessário a criação e desenvolvimento de programas informáticos que permitissem identificar estas situações associadas à paragem por motivos de manutenção.

Para cada uma das situações suscetíveis de melhoria identificadas no início deste projeto foram elaboradas e implementadas as respetivas melhorias, permitindo aumentar a eficiência do setor Corte LASER 2D, usando soluções que respondessem de forma eficiente a cada um dos problemas identificados.

Abstract

The present dissertation was elaborated in an academic and business environment, in the metalworking company Quantal S.A.

The overall objective of the project was to implement the Lean methodologies in the LASER 2D Cutting sector. After the detailed analysis of the sector, either through visual observation or through questionnaires made to the employees, it was possible based on the information collected, to identify the situations that needed improvement, considering the Lean philosophy, thus fulfilling the specific objectives defined for this project.

After analysing the existing situation in the workplace of the LASER 2D Cutting sector, it was decided to implement a new workstation using the Lean tools with primary attention to the applicability of the 5S's. In a first phase, the alternatives in the market were analysed. In a second phase, after comparing the different alternatives, the decision was the creation and development of this project inside the company.

Regarding the need for a signalling and monitoring system that allows the recording and analysis of the machines activity, an integrated software solution was implemented that allows real-time analysis of the activity and the storage of this information for later study. Although the integrated software signalling system makes it possible to analyse the availability of the machines' activity, it does not allow the identification of the reasons associated with the causes for stopping the machines, so it was necessary to create and develop computer programs to identify these situations associated with the shutdown for maintenance reasons.

For each improvement situation identified at the beginning of this project, the respective developments were elaborated and implemented, allowing to increase the efficiency of the LASER 2D Cutting sector, using solutions that respond efficiently to each of the problems identified.

Agradecimentos

À Profª Dra. Ana Neves, orientadora na faculdade, pela disponibilidade, apoio e orientação na elaboração deste trabalho.

À Joana Ferraz, amiga e colega com quem partilhei o dia-a-dia na empresa, o meu agradecimento pelo apoio e disponibilidade durante este período.

Ao Grupo Quantal um agradecimento especial por me terem permitido a realização deste estágio.

Ao Engenheiro Carlos Furtado, orientador da Dissertação na empresa, pela disponibilidade, compreensão e apoio durante o projeto.

Ao Engenheiro Francisco Santos, pela coadjuvação na realização do projeto específico de criação do posto de trabalho.

Ao Informático Sandro Costa, pela contribuição na realização e aperfeiçoamento dos programas elaborados.

Aos colaboradores do setor de trabalho Corte LASER 2D, pela disponibilidade e colaboração.

A todos os meus amigos e colegas que direta, ou indiretamente, contribuíram para a realização deste projeto.

Aos meus pais e aos meus irmãos pelo apoio ao longo deste percurso!

Índice de Conteúdos

1 Introdução.....	1
1.1 Apresentação do grupo Quantal	1
1.2 O Projeto e os seus objetivos	2
1.3 Método seguido no projeto	2
1.4 Estrutura da dissertação	2
2 Revisão Bibliográfica	3
2.1 <i>Toyota Production System</i>	3
2.2 <i>Lean</i> e as suas ferramentas	4
2.2.1 Os princípios <i>Lean</i>	4
2.2.2 <i>Muda, Mura e Muri</i>	5
2.2.3 <i>Just-in-Time</i>	6
2.2.4 <i>Jidoka</i>	7
2.2.5 <i>Poka-Yoke</i>	10
2.2.6 5S's	11
2.2.7 <i>Heijunka</i>	17
2.2.8 <i>Kaizen</i>	18
2.2.9 <i>Standardized Work</i>	18
2.2.10 Ciclo <i>Plan, Do, Check e Act</i>	19
2.2.11 <i>Single Minute Exchange of Die</i>	20
2.2.12 <i>Total Productive Maintenance</i>	20
2.2.13 <i>Overall Equipment Effectiveness</i>	22
2.3 LASER.....	22
2.3.1 Tipos de LASER	23
2.3.2 Corte LASER	26
3 Apresentação do problema	28
3.1 Descrição do setor Corte LASER 2D (CL2D)	28
3.2 Oportunidades de melhoria no posto de trabalho do sector CL2D	31
3.2.1 Posto de trabalho	31
3.2.2 Registo de atividade	34
4 Soluções propostas	42
4.1 Posto de trabalho.....	42
4.2 Registo de Atividade.....	45
4.2.1 Escolha do sistema	46
4.2.2 Identificação e procedimento das diferentes condições	47
4.2.3 Indicadores.....	49
4.2.4 Ferramentas implementadas	50
4.3 Resultados.....	56
5 Conclusões e Trabalhos Futuros	61
Referências	63
ANEXO A1: <i>Layout</i> do Pavilhão 1 Quantal S.A.	66
ANEXO A2: <i>Layout</i> da cave do Pavilhão 1 Quantal S.A.....	67
ANEXO A3: <i>Layout</i> do Pavilhão 2 Quantal S.A.	68
ANEXO B: Exemplo de uma Ordem de Fabrico	69
ANEXO C: Máquinas e ferramentas utilizadas no CL2D	70
ANEXO D: Questionário	73

ANEXO E: Valores fornecidos pelo Departamento de Manutenção sobre a disponibilidade das máquinas	74
ANEXO F: Dados retirados sobre a disponibilidade de cada uma das máquinas	75
ANEXO G: Registo de Manutenção Preventiva e Paragem por avaria	76
ANEXO H: Registo de Paragens dos operadores	77
ANEXO I: Plano de Manutenção do equipamento TruLASER 5030	78
ANEXO J: Pedido de Intervenção	81
ANEXO L: Orçamento do Posto de trabalho produzido pela Rittal.....	82
ANEXO M: Desenho técnico de conjunto do posto de trabalho	83
ANEXO N: Orçamento do Posto de trabalho produzido na Quantal	84
ANEXO O: Orçamento do sistema de sinalização WERMA + equipamento adicional.....	85
ANEXO P: Procedimento de atuação em caso de ocorrência de erros/avarias nas máquinas	86
ANEXO Q1: Plano de manutenção das máquinas de Corte Laser CO ₂	87
ANEXO Q2: Plano de manutenção da máquina de Corte Laser Fibra.....	100
ANEXO R1: Descrição do funcionamento do programa de registo de manutenção preventiva pelos operadores.....	111
ANEXO R2: Descrição do funcionamento do programa de registo de avaria na produção	116
ANEXO R3: Descrição do funcionamento do programa de pedido e registo de manutenção	125
ANEXO S: Comparação dos valores de disponibilidade durante a semana e fim-de-semana.....	130

Siglas

AC – Corrente Alternada

CEO - *Chief Executive Officer*

CL2D – Corte LASER 2D

CNC – Comando Numérico Computadorizado

DC – Corrente Contínua

JIT - *Just-in-Time*

OEE - *Overall Equipment Effectiveness*

OF – Ordem de Fabrico

PDCA - *Plan-Do-Check-Act*

SDCA - *Standardize-Do-Check-Act*

SMED - *Single Minute Exchange of Die*

TPM - *Total Productive Maintenance*

TPS - *Toyota production system*

5S's – *Seiri* (Organização), *Seiton* (Ordenação), *Seiso* (Limpeza), *Seiketsu* (Padronização) e *Shitsuke* (Disciplina)

Índice de Figuras

Figura 1 – Casa do TPS (Simboli, Taddeo, and Morgante 2014).	4
Figura 2 - Os três MU's (GUNZI 2015).	6
Figura 3 - <i>Type-G Toyota Automatic Loom</i> (Toyota Motor Corporation 1995).	7
Figura 4 - Ciclo de vida do conceito de <i>Jidoka</i> (traduzido de (Subramaniam et al. 2009).	8
Figura 5 - Etapas de utilização do <i>Andon</i>	9
Figura 6 - Exemplos de diferentes <i>Andons</i> (Citisystems 2012).	9
Figura 7 - Exemplo da utilização de um <i>Poka-Yoke</i> (Shingo 1986).	11
Figura 8 - Apresentação dos 5S's.	13
Figura 9 - Classificação dos objetos do posto de trabalho (Hirano 1996).	13
Figura 10 - Classificação das etapas do terceiro pilar (Hirano 1996).	15
Figura 11 - Medidas a aplicar no quarto pilar (Hirano 1996).	16
Figura 12 – “The Kaizen umbrella” (Johansson et al. 2013).	18
Figura 13 – Ciclos de Shewhart (Moen and Norman 2006).	19
Figura 14 – Ciclo PDCA (Sokovic, Pavletic, and Pipan 2010).	20
Figura 15 - Pilares da filosofia <i>Total Productive Maintenance</i> (Eaton 2013).	21
Figura 16 - As 6 grandes perdas do programa OEE.	22
Figura 17 - Receitas do LASER a nível industrial nos últimos três anos (LASER World 2018).	24
Figura 18 - Esquema simples de um LASER de CO ₂ (Powell 1993).	24
Figura 19 - Esquema da dupla-camada de um LASER de Fibra (Nilsson and Payne 2011). ..	25
Figura 20 - Aplicações do LASER na indústria em 2017 (LASER World 2018).	26
Figura 21 – Primeira máquina de Corte LASER comercializada (Caristan 2004).	26
Figura 22 - Ventosa no transporte de uma chapa para a máquina (Lado esquerdo). Diferentes chapas junto ao posto de trabalho (Lado direito).	29
Figura 23 - Estrutura de fixação do computador.	32
Figura 24 - Opinião dos trabalhadores sobre o posto de trabalho.	33
Figura 25 - Conhecimento de problemas causados pela estrutura do computador.	33
Figura 26 - Opinião dos trabalhadores em relação à necessidade de limpeza e organização do posto de trabalho.	34
Figura 27 - Sinalizador luminoso ligado na máquina.	35
Figura 28 – Paragens das máquinas.	36
Figura 29 - Comparação entre o valor teórico e a média dos valores registados pelos operadores relativos à Manutenção Preventiva em 2017.	37
Figura 30 - Comparação entre o valor teórico e a média dos valores registados pelo Departamento de Manutenção relativos à Manutenção Preventiva em 2017.	37

Figura 31 - Tempos registados de Manutenção Preventiva.....	38
Figura 32 - Aviso de erro.....	39
Figura 33 - Comparação entre o tempo dedicado à manutenção preventiva e corretiva.	40
Figura 34 - Registos de paragens dentro e fora do horário de trabalho do Departamento de Manutenção	41
Figura 35 - Posto de trabalho do Catálogo Hoffmann (Hoffmann Group).	42
Figura 36 - Posto de trabalho do Catálogo da Rittal (Rittal 2018).	43
Figura 37- Projeto do posto de trabalho realizado em <i>solidworks</i>	44
Figura 38 - Novo posto de trabalho.	45
Figura 39 - Localização da torre de sinalização (esquerda). Torre de sinalização (direita)	47
Figura 40 - Conjunto de chaves de apoio ao sistema de sinalização.	48
Figura 41 - Apresentação do programa “Registo_Preventiva”.	52
Figura 42 - Apresentação do programa “Registo_Avaria”.....	53
Figura 43 - Apresentação do programa “Registo_Intervencao”.....	54
Figura 44 - Apresentação do programa “Pedido_Interno”.	55
Figura 45 - Comparação entre o antigo posto de trabalho (lado esquerdo) e o novo (lado direito).	56
Figura 46 - Sistema de sinalização da WERMA com o temporizador.	57
Figura 47 - Solução do <i>software</i> que permite ver em tempo real se uma máquina está, ou não, a trabalhar.	57
Figura 48 - Registos de atividade das máquinas num período de tempo à escolha.....	58
Figura 49 - Disponibilidade fornecida pelo <i>software</i> do sistema de sinalização.....	58
Figura 50 - Registo de atividade de uma das máquinas fornecido pelo <i>software</i>	59

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Descrição dos pilares do <i>Total Productive Maintenance</i> (Eaton 2013).....	21
Tabela 2 - Setores e codificação.	28
Tabela 3 - Tarefas realizadas no Corte LASER 2D e a sua descrição.....	30
Tabela 4 - Outras atividades realizadas no Corte LASER 2D.....	31
Tabela 5 - Problemas da situação atual da empresa.	32
Tabela 6 - Registos das máquinas acerca da sua disponibilidade.....	35
Tabela 7- Comparação dos valores de disponibilidade à semana e ao fim-de-semana.....	59

1 Introdução

O presente trabalho insere-se na unidade curricular Dissertação surgindo no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) no ramo de Produção, Conceção e Fabrico. Este trabalho foi realizado em ambiente empresarial em que os objetivos foram previamente definidos entre o aluno e os orientadores por parte da faculdade e da empresa. O tema de trabalho “Implementação de metodologias *Lean* num setor de trabalho Corte LASER 2D” insere-se na proposta da empresa Quantal S.A. Sendo uma dissertação que visa a integração e aplicação da resolução de problemas tendo em conta as competências e atitudes adquiridas ao longo do curso. Esta dissertação de desenvolvimento tecnológico e aplicação envolveu meios experimentais e de simulação, promovendo o desenvolvimento de capacidades de iniciativa, de decisão, de inovação, de pensamento criativo e crítico num contexto de trabalho individual e em grupo.

1.1 Apresentação do grupo Quantal

Considerada um dos pioneiros em Portugal no desenvolvimento e inovação, a Quantal S.A. surgiu em 1995 e pertence a um grupo de empresas português composto por quatro empresas: Quantal S.A., Formstampa, Espam e Growstamp, contando com 250 trabalhadores, especialistas nos diversos serviços que o grupo apresenta, os quais se dividem em 3 grupos: aplicações industriais e na área automóvel (séries e protótipos). Representando cerca de 80% da faturação total do grupo, a Quantal S.A. assume-se como a empresa mãe (Quantal Group 2017).

A Quantal S.A. surgiu há 23 anos e, ao longo dos 5 primeiros, a empresa aumentou consideravelmente o volume de negócio, tendo sido necessário aumentar a área da fábrica. Em 2001, surgiu a segunda empresa do grupo Quantal denominada Formstampa. Esta empresa é especializada em construção, portas de segurança e acabamento, sendo uma referência não apenas no mercado nacional, mas também no mercado africano. Entre 2001 e 2006, a fábrica aumentou as suas dimensões de 1800 m² para 3000 m² e em 2007, criou a terceira empresa do grupo, a Espam. Esta é especializada em estampagem metálica, sendo que 85% da produção é destinada ao setor automóvel. Neste mesmo ano, foram inauguradas as atuais instalações do grupo, aumentando novamente as dimensões da fábrica, para 6000 m². A última empresa do grupo foi criada em 2011 e chama-se Growstamp, a qual é destinada especialmente ao mercado nacional, dedicando-se à produção de equipamentos agrícolas e industriais (Quantal Group 2017).

O grupo tem como missão “Ser uma equipa global de pessoas qualificadas que relacionam de forma sustentável empresas, mercados e clientes.” O grupo Quantal rege-se por valores como: “a focalização e satisfação do cliente, o reconhecimento do talento, criatividade, inovação e profissionalismo, a eficiência e excelência, o respeito e preocupação com o meio ambiente e a cultura, entusiasmo e confiança empresarial”. A empresa procura uma melhoria contínua, na investigação e aquisição de novas tecnologias, assim como a concretização em *Just-in-Time* (JIT) com uma qualidade superior às necessidades e expectativas dos clientes. De forma a ir

de encontro às suas necessidades, a Quantal S.A. trabalha 24 horas por dia, 7 dias por semana em 3 turnos (Quantal Group 2017).

1.2 O Projeto e os seus objetivos

No projeto realizado foi estudado o setor de Corte LASER 2D (CL2D) da empresa Quantal S.A., analisando-se ao detalhe o método de trabalho utilizado neste setor, através da análise visual, da realização de um questionário e de discussões com os trabalhadores e com aqueles que, de alguma forma, estão ligados ao setor.

O objetivo geral deste projeto consistiu na implementação de metodologias *Lean* no setor de CL2D. Sendo os objetivos específicos iniciais: (1) aplicação de ferramentas *Lean*, com foco predominante nos 5S's, no posto de trabalho; (2) implementação de um sistema de sinalização e monitorização com *software* integrado que permita o conhecimento da atividade das máquinas. No decorrer do projeto identificou-se a necessidade da criação de ferramentas informáticas de suporte ao sistema de sinalização e monitorização, passando este a integrar um terceiro objetivo específico deste projeto.

1.3 Método seguido no projeto

Relativamente à metodologia seguida no projeto, esta consistiu, numa primeira fase, no conhecimento detalhado do setor com recolha pormenorizada de toda a informação disponível, para que fosse possível identificar e conhecer os problemas.

Relativamente ao posto de trabalho, pretendeu-se identificar as principais falhas e o seu impacto na eficiência do setor. Paralelamente, procurou-se compreender como eram obtidos e analisados os registos da atividade das máquinas.

Depois de recolhidos, analisados e discutidos os dados e, com base nos mesmos, elaboraram-se, numa segunda fase, propostas de melhoria.

Na fase final do projeto pretendeu-se implementar soluções economicamente vantajosas, eficazes e que respondam aos problemas detetados.

1.4 Estrutura da dissertação

A estrutura desta dissertação está organizada em 5 capítulos, seguindo-se uma breve descrição sobre cada um destes.

O primeiro capítulo apresenta uma descrição e contextualização da empresa onde o projeto foi desenvolvido. Sintetiza também a metodologia abordada, os objetivos propostos e a estruturação da mesma.

De seguida, no segundo capítulo, segue-se o enquadramento teórico, com abordagem às ferramentas de melhoria contínua possíveis de serem usadas no desenvolvimento do projeto, redigido após pesquisas bibliográficas.

No terceiro capítulo são retratados os problemas encontrados ao longo do processo de investigação, e são descritas as características iniciais do setor Corte LASER 2D.

Os resultados obtidos e apresentados no 3.º capítulo são a base do 4.º capítulo, que descreve, em detalhe, as propostas de melhoria sugeridas pelo mestrando e a forma como estas foram implementadas no contexto da empresa. Ainda neste capítulo são apresentados os resultados das melhorias implementadas.

No quinto e último capítulo, apresentam-se conclusões sobre o trabalho desenvolvido e sugestões para trabalhos futuros.

2 Revisão Bibliográfica

Neste capítulo apresenta-se a sustentação teórica necessária para o desenvolvimento do projeto. Assim, será abordado o sistema de produção da *Toyota* e a sua adaptação para o pensamento *Lean*. Será ainda abordado o tema relativo ao Corte LASER 2D, tendo sido neste que se realizou o projeto. Neste contexto, serão apresentadas as ferramentas *Lean* e os seus princípios.

2.1 *Toyota Production System*

Após a segunda Guerra Mundial, o Japão tinha sido devastado por duas bombas atômicas, a maioria das indústrias tinha sido destruída e os consumidores tinham pouco dinheiro (Liker 2003). Estas e outras razões levaram a que, durante o ano de 1949, houvesse um colapso nas vendas da *Toyota* o que fez com que, em 1950, *Eiji Toyoda*, neto de *Sakichi Toyoda*, fundador da empresa, se deslocasse aos Estados Unidos com o propósito de visitar as fábricas da *Ford* que, nesta altura, eram um colosso da indústria automóvel. Após esta visita, *Eiji* voltou com o objetivo de atingir os níveis de produtividade da *Ford* e de outras empresas americanas e europeias que utilizavam o sistema de produção em massa, tarefa que entregou a *Taiichi Ohno*, considerado um génio da produção. Este, por sua vez, rapidamente compreendeu que o sistema de produção em massa não podia ser adotado no Japão, devido à realidade que se vivia neste país (Womack, Jones, and Roos 1990). No entanto, *Taiichi* utilizou a base do conceito de produção em massa que consiste na utilização de uma linha de montagem, havendo um fluxo contínuo de material. Assim, se criou aquele que mais tarde se denominaria de *Toyota Production System* (TPS).

O TPS é uma filosofia destinada à eliminação dos desperdícios e dos fluxos excessivos da produção, estando o seu foco no desenvolvimento de processos capazes de produzir o necessário de forma simples e flexível, utilizando o menor número de recursos possível.

Segundo Liker (2003), de forma a esquematizar melhor os princípios do TPS, *Fujio Cho*, discípulo de *Taiichi*, criou um esquema em forma de casa, representado na Figura 1.

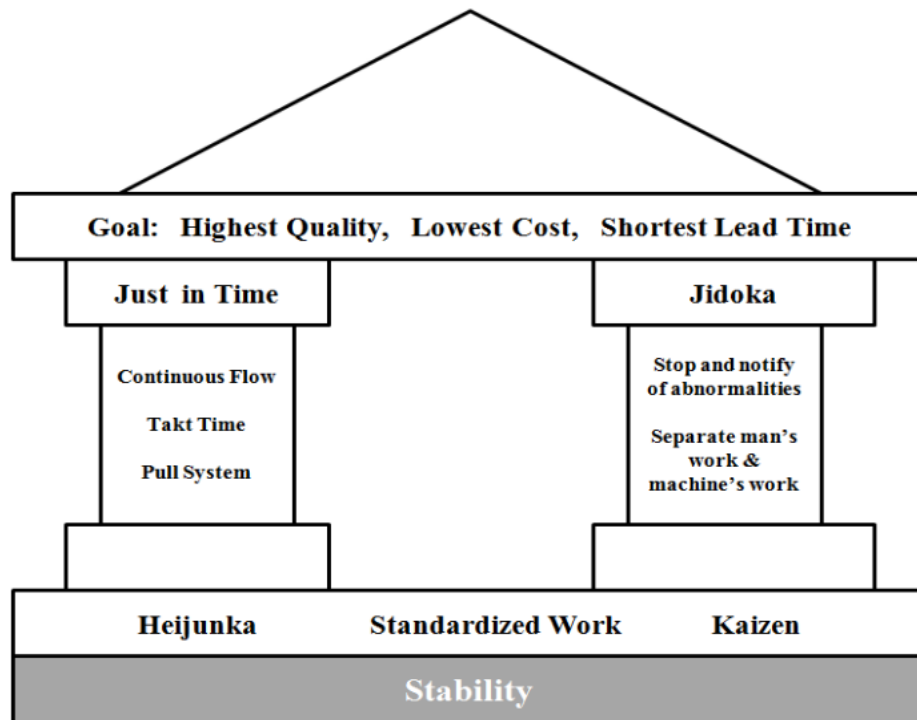


Figura 1 – Casa do TPS (Simboli, Taddeo, and Morgante 2014).

Através do esquema apresentado na Figura 1, é possível compreender a importância de cada elemento da casa e a relação entre eles. No topo da casa encontram-se os objetivos principais do TPS, sendo estes a elevada qualidade, os baixos custos e baixo *Lead Time* (tempo de ciclo). Para garantir que estes objetivos são atingidos e a estabilidade da casa é mantida, existem dois grandes pilares, sendo estes o conceito de JIT e de *Jidoka*. Na base da casa estão presentes a produção nivelada (*Heijunka*), o *Standardized Work* e *Kaizen* (Eaton 2013).

2.2 *Lean* e as suas ferramentas

Assente no TPS, o conceito *Lean* foi popularizado por Womack e Jones no livro “*Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*” (1996). Trata-se de um conceito focado na eliminação de sete tipos de desperdícios, através da aplicação de um conjunto de métodos e ferramentas. Estes incluem processos contínuos de melhoria e prevenção de erros, os quais serão descritos de seguida (Eaton 2013).

2.2.1 Os princípios *Lean*

Com base nos conceitos do TPS, Womack e Jones (1996) identificaram os cinco princípios desta filosofia:

- Especificação do valor do produto/serviço – O primeiro princípio é a premissa base para o desenvolvimento de um novo produto ou processo. Este método consiste em avaliar os preços existentes no mercado e perceber onde é possível diminuir os custos aplicando as ferramentas *Lean*. Na realização de um produto é necessário ter em conta as necessidades do cliente, pois o valor de um produto corresponde aquilo que o cliente está disposto a pagar;
- Mapeamento da cadeia de valor – Neste segundo princípio, o objetivo passa por identificar as etapas que acrescentam valor a um produto. No caso de serem reconhecidas fases que não acrescentem valor ao produto, estas devem ser eliminadas ou reduzidas ao máximo;

- Fluxo contínuo – Depois de identificar as etapas que acrescentam valor ao produto, o conceito deste princípio é estabelecer um fluxo contínuo cujo objetivo é não haver interrupções;
- Sistema *Pull* – O sistema *Pull* passa por produzir apenas quando o cliente ordena, assim o inventário e lotes serão muito inferiores e o produto valorizado;
- Perfeição – O último dos 5 princípios *Lean* tem como objetivo a procura pela melhoria contínua diariamente, tanto das pessoas, como equipamentos, processos, ou produtos, adicionando sempre valor ao produto.

2.2.2 *Muda, Mura e Muri*

No desenvolvimento do *Toyota Production System* foram identificadas 3 atividades distintas que contribuem para o fraco desempenho das empresas, sendo elas *Muda*, *Mura* e *Muri* também conhecidos como “Os três MU’s”, ilustrados na Figura 2. De seguida apresenta-se uma breve descrição de cada umas destas atividades.

1. *Muda*

O termo japonês *Muda* significa desperdício. Para obter um produto final são executados vários processos, e, em cada um destes, deve ser adicionado valor ao produto. Caso um processo não seja adicionado qualquer valor ao produto, este é considerado desperdício e deve, por isso, ser reduzido ou eliminado.

Taiichi Ohno identificou sete grandes grupos de desperdícios. Seguidamente apresenta-se uma breve descrição de cada *Muda* (Imai 2012).

- Excesso de produção – Este defeito consiste em produzir mais peças do que as ordens dos clientes ou produzir antes de estas ordens chegarem o que gera custos de armazenamento e transporte do inventário em excesso, tempo desnecessário perdido pelos trabalhadores e equipamentos, etc.;
- Tempo de espera – Este desperdício consiste no tempo que o operador é inativo e, por isso, não realiza tarefas que adicionem valor a um produto ou processo. Alguns exemplos são o tempo que o operador perde à espera de material e por inatividade ou falta de capacidade do equipamento;
- Excesso de inventário – Um produto que se encontra no inventário não acrescenta nenhum valor à produção, assim, o excesso de inventário provoca um aumento nos custos de instalações, transportes, etc. Com os níveis de inventário reduzidos é possível identificar os problemas à medida que estes surgem;
- Defeitos – Quando há um aparecimento de defeitos, a produção é interrompida. Os produtos defeituosos obrigam à repetição de processos, podendo mesmo ser rejeitados. Assim, há um grande desperdício de recursos, de tempo e de trabalho;
- Movimentos desnecessários – Movimentos desnecessários são aqueles em que o operador se movimenta sem contribuir com valor para a produção podendo também estar ligado a um grande esforço físico por parte do colaborador;
- Excesso de processamento – O excesso de processamento pode ocorrer sob diversas formas, tais como: o uso de ferramentas não adequadas; etapas de produção e tecnologia demasiado complexas e desnecessárias;

- Transporte – O transporte pode também ser considerado uma forma de desperdício. Isto pode acontecer quando o transporte de matérias-primas, produtos finais ou componentes não acrescenta valor. O trajeto deve ser o mais eficiente e mais curto possível. Muitas vezes este género de defeitos ocorre devido a restrições ou problemas do *layout*.

2. *Mura*

Mura é uma palavra de origem japonesa cujo significado é irregularidade ou variabilidade. São todas as atividades que criam variabilidade num processo, provocando diversos problemas que, conseqüentemente, originam paragens nos processos (Eaton 2013).

3. *Muri*

Muri é uma palavra da doutrina japonesa que, no contexto do TPS, tem o significado de sobrecarga, ou seja, ocorre quando os trabalhadores ou equipamentos estão sujeitos a uma grande pressão. Esta pode surgir, por exemplo, por ser pedido aos trabalhadores para produzir mais do que aquilo que o seu horário lhes permite realizar, assim como, exigir aos equipamentos mais do que aquilo para que foram projetados. O *Muri* pode ser superado reduzindo a carga de trabalho tanto dos trabalhadores, como das máquinas (Eaton 2013).



Figura 2 - Os três MU's (GUNZI 2015).

2.2.3 Just-in-Time

Desenvolvido pela *Toyota Motor Company* sob a liderança de *Taiichi Ohno*, o conceito de produção em JIT visa eliminar atividades que não acrescentam valor à produção, assim como, alcançar um sistema de produção *Lean* com a flexibilidade suficiente para garantir as ordens dos clientes independentemente das flutuações destas (Imai 2012).

Num sistema JIT, estar à frente do cronograma de produção é considerado pior do que estar atrás deste. Produzir mais do que aquilo que foi pedido provoca enormes desperdícios, como consumo de matérias-primas antes de estas serem necessárias, desperdício de recursos humanos e equipamentos, necessidade de espaço adicional de armazenamento do inventário em excesso e ainda os custos de transporte e administrativos (Imai 2012).

Assim, o JIT permite reduzir custos, sincronizar o fluxo de bens e serviços e ainda reduzir os tempos de produção ao eliminar as atividades que não acrescentam valor à produção (Imai 2012).

2.2.4 Jidoka

Um dos pilares mais antigos e importantes do *Toyota Production System* é o conceito de *Jidoka*. Este é um termo japonês cujo significado é “automação com toque humano” e refere-se a uma máquina com a capacidade de detetar um problema e parar de imediato, de forma a não serem produzidos produtos defeituosos. Esta ideia foi criada nos anos 90 por *Sakichi Toyoda*, fundador da *Toyota* (Art of Lean 2016).

Este conceito foi criado enquanto *Sakichi* observava a mãe a utilizar uma máquina de tear manual e foi a partir daí que este inventou uma máquina de tear automática (Liker and Meier 2006). Em 1986, *Sakichi* inventou a primeira máquina de tear automática denominada *Toyoda Power Loom*, no entanto, esta máquina tinha algumas desvantagens. Apesar de, em caso de anomalia, haver rutura do fio, a máquina continuava a trabalhar, ou seja, havia na mesma a produção de peças defeituosas. Pelo que, era necessário a presença de um operador por máquina para que, quando houvesse a rutura do fio, este parasse a máquina (Toyota Motor Corporation 1995).

Ao longo dos anos, *Sakichi* foi incorporando inúmeros acessórios na máquina inicial, até que, em 1924, o fundador da *Toyota* incluiu nesta, um sistema de paragem automático, ficando conhecida como *Type-G Toyoda Automatic Loom*, tal como ilustrado na Figura 3. Aquando da rutura do fio, todo o processo parava de forma a não haver desperdício. Assim, este conceito permitia que um trabalhador operasse em mais do que uma máquina ao mesmo tempo, resultando num tremendo aumento de produtividade (Toyota Motor Corporation 1995).

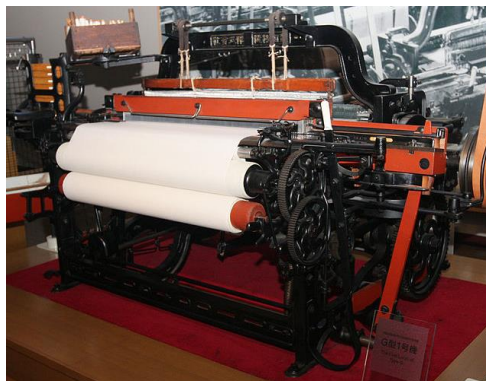


Figura 3 - *Type-G Toyoda Automatic Loom* (Toyota Motor Corporation 1995).

Após a segunda guerra mundial, *Taiichi Ohno*, trocou o ramo têxtil, onde tinha sido criado o conceito de *Jidoka* com a criação da máquina de tear automática, pelo ramo automóvel, de forma a melhorar a produtividade e implementar os conceitos de *Jidoka* e JIT neste. Segundo *Taiichi*, a ideia de *Jidoka* desempenha um duplo papel, isto é, elimina a superprodução, que é uma das maiores razões de desperdícios na indústria, e evita a produção de peças defeituosas (Ohno 1988).

No centro da filosofia *Toyota* está o respeito pelas pessoas e o valor que lhes deve ser reconhecido, pois somente o ser humano consegue pensar e resolver problemas. Uma máquina com sistema de paragem automático alivia o trabalhador, não sendo necessária uma constante presença num único posto de trabalho, e permite que este use o seu tempo de uma forma mais produtiva. No entanto, a máquina nunca substitui totalmente o trabalhador (Liker and Meier 2006).

O conceito de *Jidoka* pode ser dividido em dois grandes objetivos. O primeiro consiste em garantir a máxima qualidade dos processos e o segundo em separar o homem da máquina nos postos de trabalho. De seguida, apresenta-se detalhadamente cada um dos objetivos.

1. Um dos objetivos deste conceito é que, quando existe um problema, não se mantém a produção com a intenção de corrigir mais tarde, mas sim para-se a produção e resolve-se o problema de imediato. Apesar de a produtividade poder sofrer uma diminuição no período inicial, com o passar do tempo os problemas detetados serão resolvidos e corrigidos de forma a não voltarem a acontecer. Assim, o objetivo passa por garantir a melhor qualidade à primeira vez (Liker and Meier 2006).
2. O segundo objetivo consiste na separação do homem e da máquina no posto de trabalho. Se a máquina tem a capacidade de parar sempre que há uma anomalia, então não há necessidade de o trabalhador estar a assistir à máquina a trabalhar. A filosofia *Jidoka*, através da monitorização dos equipamentos, permite o aumento de eficiência por parte do trabalhador (Art of Lean 2016).

Através da Figura 4 é possível compreender o ciclo de vida e a metodologia do conceito *Jidoka*.

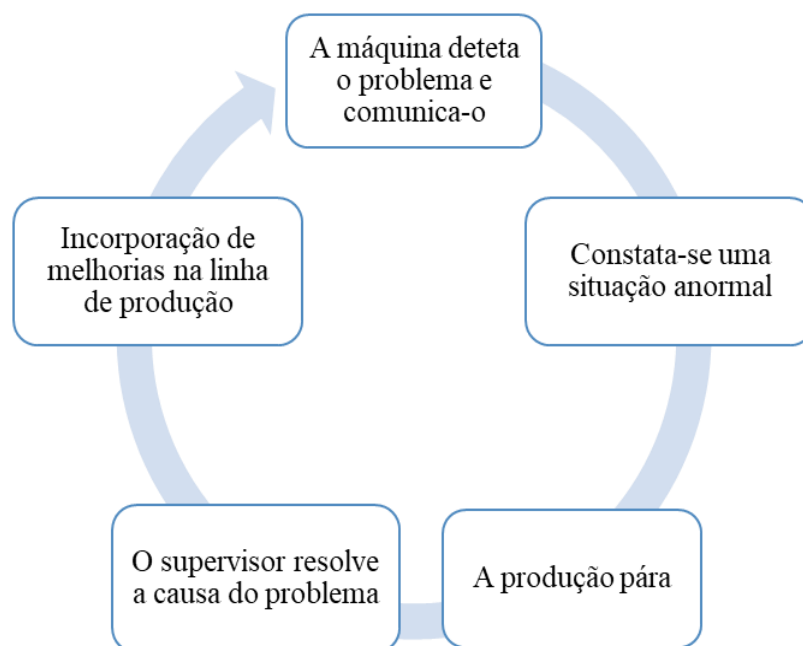


Figura 4 - Ciclo de vida do conceito de *Jidoka* (traduzido de (Subramaniam et al. 2009)).

Andon

O sistema *Andon* é um dos elementos chave do princípio de *Jidoka*. *Andon* é um termo japonês que significa “lanterna”. Este é um sistema utilizado pelos operadores ou pelo equipamento para sinalizar alguma falha no processo, conforme o ilustrado na Figura 5. Inicialmente, o *Andon* era uma lanterna de papel que se assemelhava a um candeeiro aberto no topo com uma vela no seu interior e esta era acesa caso fosse detetada uma anomalia (Subramaniam et al. 2009).

Atualmente, devido ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia, o sistema *Andon* é um sistema avançado, muito utilizado em todo o tipo de indústrias, em dispositivos eletrónicos com áudio e código de cores com demonstração visual. O *Andon* é uma ferramenta de gestão visual que deve ser fidedigno, de leitura fácil e *standard* em toda a empresa, de modo a garantir o sucesso da sua aplicação.

Este sistema tem dois grandes objetivos. (1) Alertar o trabalhador para problemas que possam surgir, permitindo a sua rápida resolução. (2) Registrar os dados de produção dos equipamentos conhecendo-se assim, a verdadeira capacidade de produção (Subramaniam et al. 2009).

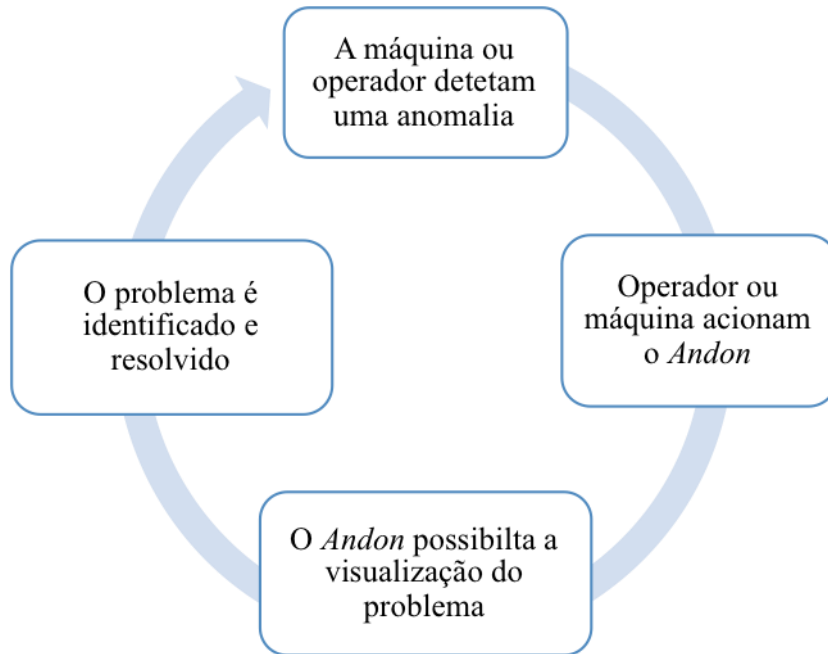


Figura 5 - Etapas de utilização do Andon.

A complexidade do sistema *Andon* varia consoante os objetivos pretendidos. A forma mais simplificada é a utilização de uma coluna de luzes, denominada *stack light*. Nos sistemas mais complexos, ao sistema de luzes, pode adicionar-se uma “camada” extra, o *software*, que por sua vez acrescenta capacidades adicionais. Na Figura 6, apresentam-se diferentes exemplos de *Andons*.



Figura 6 - Exemplos de diferentes Andons (Citissystems 2012).

2.2.5 Poka-Yoke

Apesar do conceito de *Poka-Yoke* já existir há décadas sob diversas formas, foi o engenheiro japonês *Shigeo Shingo*, que desenvolveu esta ideia numa das ferramentas *Lean* mais reconhecidas atualmente. O *Poka-Yoke* é uma palavra de origem japonesa cujo significado é *mistake-proofing*, ou seja, à prova de erros. *Poka* significa erros irrefletidos enquanto *yoke* provém da palavra *yokeru*, que significa evitar (Grout and Toussaint 2010).

Para identificar as causas de um problema, a *Toyota* pensou diferente da maioria das empresas. A empresa japonesa assume, num primeiro momento, que o erro é uma falha do sistema, ou dos métodos, ou seja, que os métodos utilizados permitem que o erro aconteça. O pensamento comum das outras empresas é que a culpa é do trabalhador. No entanto, para a *Toyota*, quando os trabalhadores se libertam da culpa, estão livres para serem criativos e resolverem os problemas (Liker and Meier 2006).

A chave do sucesso desta implementação está fundamentalmente relacionada com a mentalidade utilizada. Este é um conceito simples, de fácil aplicação e com um baixo custo. Os dispositivos *Poka-Yoke* têm como objetivo a deteção dos erros, de forma a evitá-los, garantindo zero defeitos. O principal desafio é descobrir a raiz do problema e usar a imaginação e criatividade, de forma a eliminá-lo (Liker and Meier 2006).

Apesar de todas as melhorias que o *Poka-Yoke* proporciona, a sua utilização excessiva poderá trazer consequências negativas. Os dispositivos à prova de erros (*mistake-proofing*) são, maioritariamente, desenvolvidos por engenheiros e os trabalhadores acabam por não contribuir neste processo. Assim, os dispositivos tornam-se extremamente sofisticados e complexos podendo o tempo de operação demorar muito mais do que aquele que era necessário (Liker and Meier 2006).

O *Poka-Yoke* pode impedir o aparecimento de erros de duas formas diferentes. A primeira é através de uma ação preventiva, normalmente denominada por método de controlo, e a segunda é uma ação corretiva, conhecida como método de aviso (Shingo 1986).

As ações preventivas não permitem o processo começar se alguma anomalia for detetada. Como por exemplo: limpeza dos equipamentos; ferramentas mal posicionadas; falta de ferramentas na máquina; objetos fora do lugar, etc. Assim é possível prevenir a ocorrência de defeitos em série (Shingo 1986).

Relativamente às ações corretivas, estas não previnem a ocorrência dos erros, mas evitam que estes se mantenham nas produções seguintes, sendo muito úteis na produção em massa. Quando há uma anomalia, os trabalhadores são, normalmente, chamados à atenção através de um sinal luminoso ou auditivo, como por exemplo os *Andons* que foram referidos anteriormente.

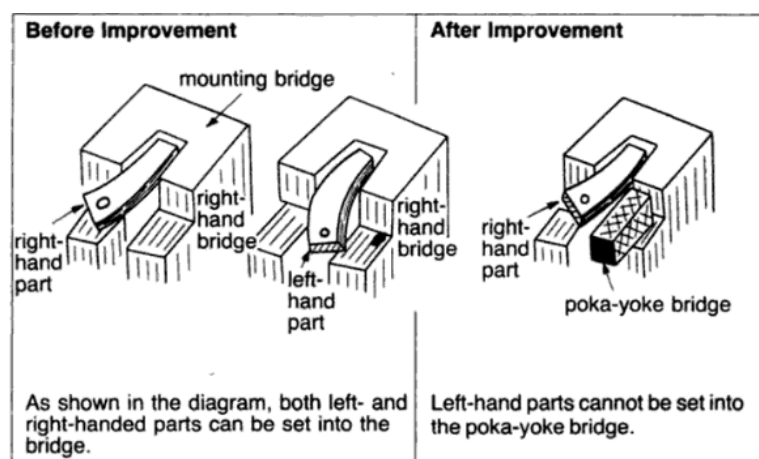
Assim, considera-se que as ações preventivas têm maior eficiência no alcance de zero defeitos, pois nas corretivas, no caso de os trabalhadores não se aperceberem dos sinais, os defeitos continuarão a ocorrer (Shingo 1986).

Shingo (1986) destaca 3 variedades de *Poka-Yoke* que a seguir se descrevem: método de contacto; método de valor fixo e método de análise das etapas.

1. Método de contacto

Este primeiro exemplo de *Poka-Yoke* consiste em métodos a partir dos quais dispositivos detetam anomalias na forma ou dimensão do produto, com o objetivo de reduzir o erro. Pode haver, ou não, contacto entre o dispositivo e o próprio produto.

De seguida, apresenta-se na Figura 7 um exemplo deste método.



Effects: Confusion of left and right parts was reduced to zero.

Figura 7 - Exemplo da utilização de um *Poka-Yoke* (Shingo 1986).

2. Método de valor fixo

A segunda variedade é o método do valor fixo, este é um método que utiliza tanto métodos físicos, como visuais que pretendem assegurar que um número específico de movimentos foi realizado durante o processo, como por exemplo: garantir que todas as ferramentas necessárias estão disponíveis e nas quantidades desejadas.

3. Método de análise de etapas

O terceiro método consiste em garantir que todas as etapas são cumpridas e que a sequência não é alterada. Este método é aplicado quando o operador não cumpre alguma etapa, ou é detetado um erro, assim, a peça mantém-se fixa não transitando para a próxima etapa.

2.2.6 5S's

Não há um consentimento geral sobre a real origem dos 5S's. Esta metodologia terá sido concebida em 1950, no Japão, após a Segunda Guerra Mundial (Hirano 1996).

5S's é um acrónimo com origem em cinco palavras da doutrina japonesa: *Seiri*; *Seiton*; *Seiso*; *Seiketsu* e *Shitsuke*, as quais significam organização, ordenação, limpeza, padronização e disciplina, respetivamente (Sarkar 2008).

Os japoneses estabeleceram a estratégia de implementação dos 5S's como algo que é aplicado pelos trabalhadores tanto na vida pessoal, como na vida profissional, considerando-se uma filosofia e um modo de vida. Por outro lado, na Europa e nos Estados Unidos, as empresas aplicam esta ferramenta apenas na vida profissional, sendo usada como uma fórmula industrial para diferenciar as empresas umas das outras (Omogbai and Salonitis 2017).

Trata-se de uma metodologia que, como o próprio nome indica, corresponde a uma técnica de cinco passos cujo objetivo é melhorar a organização do local de trabalho, contribuindo para um aumento da produtividade e da qualidade e uma diminuição do tempo perdido em tarefas que não acrescentam valor ao produto.

Para alguns, os 5S's podem parecer uma abordagem unicamente direcionada para a limpeza, no entanto, é importante realçar que oferece muito mais do que isso. Trata-se de uma prática de qualidade simples, mas poderosa, pois ajuda a identificar e eliminar o desperdício num local de trabalho, ajudando igualmente a estabelecer e manter um ambiente produtivo e de qualidade dentro de uma organização (Sarkar 2008).

Atualmente, as empresas procuram constantemente alternativas para garantir a sua competitividade através de uma melhoria contínua. Isto, porque há um contínuo avanço de novas tecnologias e produtos no mercado, sendo a competição cada vez maior, assim como a exigência do cliente, pelo que, o objetivo passa pela produção do produto mais sofisticado ao menor preço possível (Hirano 1996).

Desta forma, o desenvolvimento dos 5S's pode iniciar-se numa empresa quando esta estiver motivada para o fazer, não sendo necessário o envolvimento de pessoas com características específicas ou com qualificação especial. No entanto, envolve todos os membros da empresa, desde o *Chief Executive Officer* (CEO) aos operadores.

Aquando da sua implementação, é importante explorar a relação entre os 5S's e o contexto de cada empresa, no sentido de perceber quais os fatores que podem influenciar a sua implementação. Os parâmetros mais importantes são: o tamanho da empresa; o tipo de produção; a capacidade de gestão dos recursos humanos; o tipo de tecnologia utilizada; a existência de programas de qualidade e a preparação dos trabalhadores (Bayo-Moriones, Bello-Pintado, and Merino-Díaz de Cerio 2010).

Antes de a empresa decidir implementar os 5S's, é necessário avaliar os benefícios que estes têm para oferecer e, a partir daí, tomar a decisão de iniciar, ou não, o processo de implementação. Para isto, é necessário compreender o que realmente acontece em cada posto de trabalho e na empresa em geral. Após a decisão de implementação, a partir do estudo da situação atual, pretende-se determinar qual vai ser a escala e a linha temporal para esta implementação, assim como os custos a que está sujeita (Borris 2006).

A implementação dos 5S's pode ser comparada à rotina do dia-a-dia ou a atitudes que temos de uma forma inconsciente, como por exemplo, tomar banho, escovar os dentes, colocar o lixo no local próprio, organizar os nossos bens pessoais, manter a nossa casa limpa e arrumada, etc. A melhoria contínua de uma empresa implica que esta mantenha sempre um esforço para aumentar os seus níveis de produtividade e eficiência. Para isto, a implementação dos 5S's é fundamental devido a todas as suas vantagens (Hirano 1996):

- Prevenir o uso de ferramentas incorretas e a má utilização dos equipamentos através da organização e ordem;
- Conservar os equipamentos limpos reduz a probabilidade de erros;
- Manter as ferramentas limpas e arrumadas sempre no mesmo local permite ter um tempo de troca de ferramentas quase nulo;
- Detetar os erros é mais fácil se o espaço estiver limpo e arrumado;
- Preservar o local de trabalho limpo e organizado permite ao trabalhador ter uma consciência maior sobre a maneira como está a realizar os processos e melhorar a sua *performance*;
- Eliminar o desperdício permite uma libertação de espaço;
- Colocar os objetos, ferramentas, peças, etc., de uma maneira organizada para não haver o risco de estas partirem ou magoarem algum trabalhador;
- Eliminar os desperdícios, lesões, falhas e defeitos, garante a preferência dos clientes.

Apresentação dos 5S's

Tal como referido anteriormente, os 5S's, por mim representados na Figura 8, conhecidos também como os 5 pilares do posto de trabalho, são: organização; ordenação; limpeza; padronização e disciplina. De seguida, apresenta-se detalhadamente a definição de cada um destes.

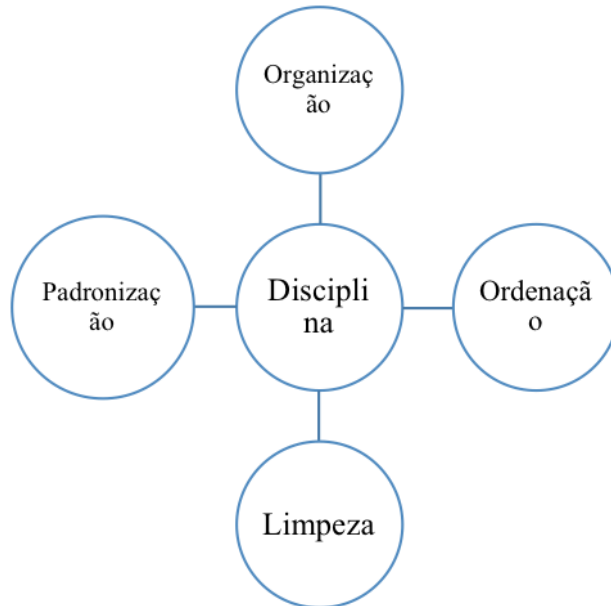


Figura 8 - Apresentação dos 5S's.

1. *Seiri* (organização)

A primeira etapa consiste na organização do posto de trabalho, a qual pode ser relacionada com o princípio de JIT: “Ter o essencial, na quantidade adequada, apenas quando é preciso” (Hirano 1996). Para tal, é fundamental classificar tudo o que existe no posto de trabalho, como por exemplo: ferramentas; papéis ou outros objetos de trabalho. No sentido de se obter a classificação mais correta, é importante seguir alguns critérios de frequência de uso e de utilidade. Um exemplo desta classificação pode ser encontrado na Figura 9.

Pode ser usado	<ul style="list-style-type: none"> • Está disponível no tempo exigido; • Existe em quantidade suficiente; • Apresenta as funções necessárias.
Não é provável que seja usado	<ul style="list-style-type: none"> • É preferível não utilizar; • É desnecessário.
Não pode ser usado	<ul style="list-style-type: none"> • Não está disponível no tempo exigido; • Não existe em quantidade suficiente; • Não apresenta as funções exigidas.

Figura 9 - Classificação dos objetos do posto de trabalho (Hirano 1996).

Esta etapa não consiste apenas na remoção daquilo que não é necessário no posto de trabalho, mas também, na maioria das vezes, na remoção daquilo que não é provável que seja usado. Assim, implica que permaneça apenas o que for considerado indispensável.

Para facilitar o sucesso desta primeira etapa é muito comum a realização de uma estratégia denominada *red-tag*. A *red-tag* é uma estratégia cada vez mais utilizada nas empresas, sendo normalmente aplicada durante a implementação dos 5S's, apesar de poder ser independente. É uma estratégia que embora apresente um baixo custo pode trazer grandes recompensas tanto a nível de produtividade como de eficiência. Esta estratégia consiste na colocação de marcadores vermelhos em todos os itens considerados desnecessários no posto de trabalho. Assim, podemos ver a ligação entre este método e o primeiro dos 5 pilares, a organização (Hirano 1996).

2. *Seiton* (ordenação)

A ordenação, o segundo pilar deste conceito, deve ser sempre implementado juntamente com a organização. Tal acontece, pois

mesmo que todos os objetos estejam corretamente ordenados, se existirem objetos desnecessários ou que não sejam possíveis de utilizar no posto de trabalho em questão, o impacto da ordenação é muito inferior. Deste modo, uma vez implementada a organização, a ordenação é aplicada aos itens que permaneceram no local de trabalho após essa primeira etapa (Hirano 1996).

Cada um dos objetos deve ser ordenado de forma a ser encontrado com facilidade, simplificando assim o processo de utilização e posterior colocação no lugar apropriado.

No sentido de facilitar a ordenação, é muito comum a utilização de rótulos ou sinais. Estes devem exibir, de forma clara, informações acerca dos três elementos básicos de um tipo de objeto: nome; quantidade e local onde é guardado (Hirano 1996).

3. *Seiso* (limpeza)

A limpeza é o terceiro pilar dos 5S's e tem como objetivo a remoção de sujidade do local de trabalho, máquinas, ferramentas, pisos, bem como todas as outras áreas relativas ao posto de trabalho.

Primeiramente, é essencial que os trabalhadores compreendam que o mais importante não é o ato de limpar, mas sim o ato de não sujar. Seguidamente, além de limpar, é necessário identificar as fontes de sujidade e as respetivas causas, no sentido de as eliminar. É de realçar a importância da limpeza, pois esta permite detetar problemas antes destes acontecerem ou se agravarem, prevenindo avarias e falhas dos equipamentos de trabalho. Esta etapa pode ser dividida em três fases como as descritas na Figura 10.

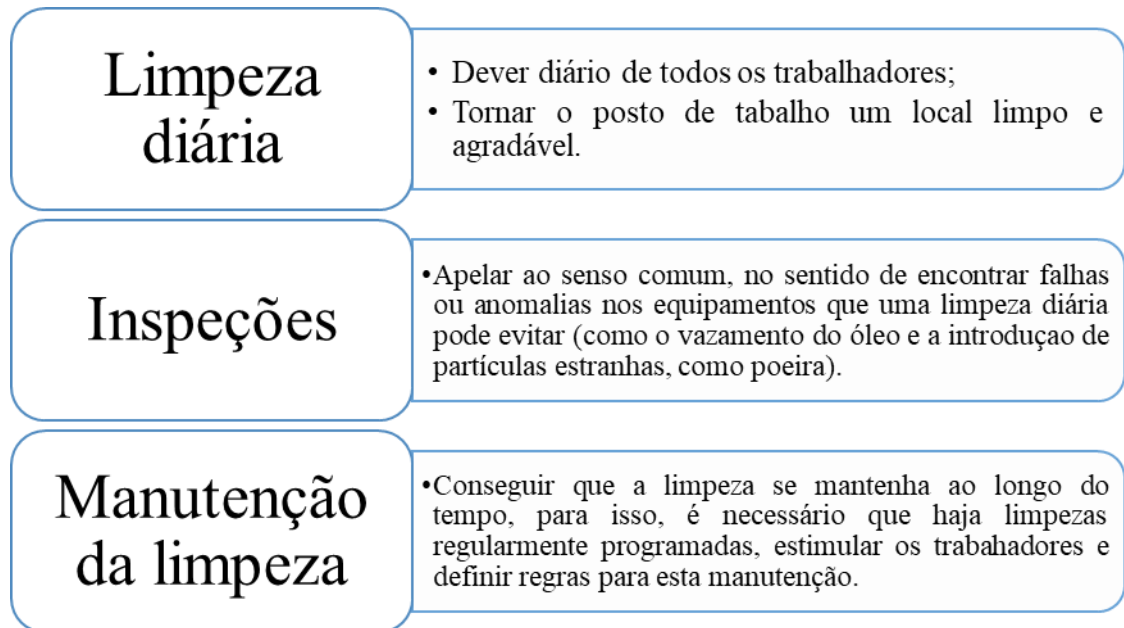


Figura 10 - Classificação das etapas do terceiro pilar (Hirano 1996).

4. *Seiketsu* (padronização)

A padronização, quarto pilar da metodologia dos 5S's, tem como objetivo facilitar a implementação dos primeiros, criando normas claras para a organização, ordenação e limpeza. Esta etapa difere das outras três, pois refere-se não a uma atividade, mas a um conjunto de regras ou condições.

Esta fase consiste na elaboração dos seguintes pontos (Sarkar 2008):

- Procedimentos – Os procedimentos são uma sequência de etapas que explicam detalhadamente a realização de uma tarefa e tornam consistentes as operações, devido à normalização dos processos;
- Regras do local de trabalho – As regras do local de trabalho consistem no que se deve ou não fazer no posto de trabalho. Estas devem ser projetadas com o objetivo de sustentar a metodologia dos 5S's;
- Calendário de manutenção – Um calendário de manutenção é um cronograma de atividades de limpeza e inspeção, que tem como objetivo garantir a manutenção.

5. *Shitsuke* (disciplina)

A disciplina é a última etapa da implementação dos 5S's e tem como principal objetivo garantir que as rotinas diárias, criadas através dos 4 passos anteriores, se tornem um hábito, um estilo de vida e uma filosofia.

Um dos maiores problemas da implementação dos 5S's é precisamente a garantia da manutenção das suas ideias. Este pode acontecer devido à indisciplina dos trabalhadores, mas também porque os responsáveis máximos não os corrigem, nem verificam as suas ações,

Algumas das medidas que se podem aplicar de forma a garantir a disciplina estão representadas na Figura 11.

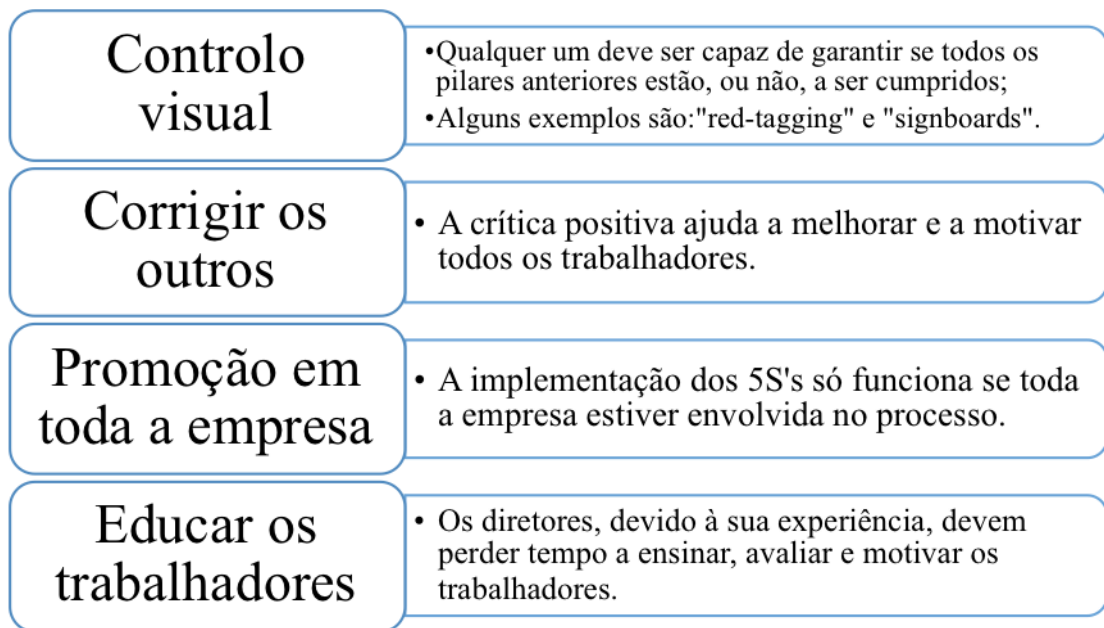


Figura 11 - Medidas a aplicar no quarto pilar (Hirano 1996).

Para garantir a disciplina é necessário avaliar a implementação dos 5S's. Esta avaliação pode ser realizada de 4 formas distintas:

1. Auto-avaliação;
2. Avaliação por um superior;
3. Avaliação por um especialista;
4. Comparação entre *gembas* (*gemba* é uma palavra de origem japonesa que significa "local real", ou seja, local de trabalho).

Alguns autores afirmam que a comparação entre postos de trabalho é uma competição saudável que reconhece o melhor e o pior posto de trabalho. É necessário motivar os trabalhadores, e, por isso, há um prémio para aquele que for considerado o melhor posto de trabalho, relativamente à implementação dos 5S's. Desta forma, todos os trabalhadores têm um incentivo para trabalharem o melhor possível e vontade em querer ser melhor todos os dias, inculcando assim, o princípio de melhoria contínua (Imai 2012).

Dificuldades da implementação

É importante perceber que a implementação dos 5S's não é um processo tão simples como parece e este requer cuidado e tempo para se atingirem os objetivos propostos. Antes de ser implementado, deve ser criado um plano sólido capaz de superar as advertências que, ao longo do tempo, irão surgir.

Uma das primeiras dificuldades que surge na implementação dos 5S's é conseguir alterar a mentalidade dos trabalhadores. Para isto, é necessário transmitir as novas ideias e fazê-los compreender os novos conceitos a implementar. Muitas vezes, existe resistência à mudança e, por isso, é importante explicar, de uma forma simples e adequada a cada cargo, a razão pela qual a estratégia adotada anteriormente não está a obter o êxito pretendido, inculcando o espírito de melhoria contínua e as suas vantagens (Hirano 1996).

Tratando-se de um dos maiores desafios da implementação desta metodologia, a resistência à mudança pode ser dividida em dois grandes grupos: resistência passiva e ativa. A resistência passiva é uma oposição silenciosa, invisível e, por isso, difícil de detetar. Por outro lado, a resistência ativa é uma oposição fácil de detetar, porque o trabalhador fala abertamente das

suas opiniões (Sarkar 2008). Alguns exemplos de razões que justificam ambas as formas de resistência são (Hirano 1996):

- Os responsáveis máximos não entenderem a importância desta implementação, não sendo os primeiros a praticá-la;
- Os trabalhadores serem indiferentes à sujidade e desarrumação;
- Os trabalhadores pensarem que este é um assunto superficial porque, apesar da desarrumação, estes acabam por conseguir encontrar o que precisam;
- Os trabalhadores não terem o objetivo da melhoria contínua mesmo que a empresa esteja a ter bons resultados;
- Os trabalhadores não acreditarem que esta metodologia aumenta a eficiência e a produtividade;
- Os trabalhadores acharem que irão perder mais tempo do que aquele que perdem atualmente preferindo a desarrumação e sujidade;
- Os trabalhadores já terem experimentado e não ter resultado;
- Os trabalhadores sentirem-se de alguma forma diminuídos.

A simples implementação dos 5S's não é suficiente, é necessário que os trabalhadores conheçam as razões que deram origem à desorganização do posto de trabalho. Só sabendo o porquê se pode realmente melhorar. A dificuldade está em fazê-los perceber que o mais importante não é corrigir o erro, mas sim entender a razão para esse erro acontecer e, assim, evitá-lo, adotando medidas preventivas e não corretivas. A ferramenta mais utilizada para esta dificuldade denomina-se *why-why analysis*. Esta é uma análise de muito fácil utilização e consiste em esclarecer o problema e a partir daí questionar “o porquê” de tudo acontecer até entender o que pode ser alterado para o erro não voltar a ocorrer (Sarkar 2008).

Em suma, os 5S's consistem numa estratégia que funciona como base para a implementação de um sistema de qualidade. Esta metodologia permite desenvolver um planeamento sistemático que, entre muitas outras, possibilita um aumento de eficiência e produtividade. É de realçar também que, apesar do poder desta metodologia, os 5S's têm as suas limitações e dificuldades.

2.2.7 Heijunka

O termo *Heijunka* é um termo japonês que significa nivelar ou suavizar e é uma das ferramentas principais do *Lean*. Este conceito baseia-se em nivelar a variedade ou o volume de produtos num processo durante um período de tempo. A maioria da procura das empresas é cíclica, ou seja, apresenta diferentes picos ao longo do tempo. Estas variações são niveladas e suavizadas através do *Heijunka* (Liker and Meier 2006).

O *Heijunka* consiste na programação da produção, de modo a esta realizar de forma eficiente os pedidos do cliente. Este conceito permite assim, contornar a variação da procura por parte do cliente. No caso de haver esta variabilidade, o *Heijunka* permite que as empresas não necessitem de armazenar grandes quantidades de inventário o que leva a uma menor ocupação de armazéns e eliminação de desperdícios, permite também uma redução dos custos tanto em recursos humanos, como em equipamentos e favorece a padronização dos processos (Liker and Meier 2006).

2.2.8 Kaizen

Kaizen é uma filosofia de origem japonesa cujo significado é melhoria contínua, este conceito foi introduzido no ocidente após a Segunda Guerra Mundial por *Masaaki Imai*. O termo *Kaizen* deriva de *Kai* e *Zen*, que significa mudar e melhor, respetivamente (Imai 2012).

Esta filosofia consiste numa melhoria constante no modo de vida, quer seja na vida profissional, como na vida social ou na vida doméstica. A *Kaizen* é uma das ferramentas *Lean* que mais contribui para o sucesso competitivo do Japão. Segundo *Imai*, o conceito *Kaizen* contém várias abordagens para melhorar a implementação desta filosofia, estas podem ser observadas na Figura 12 (Imai 2012).

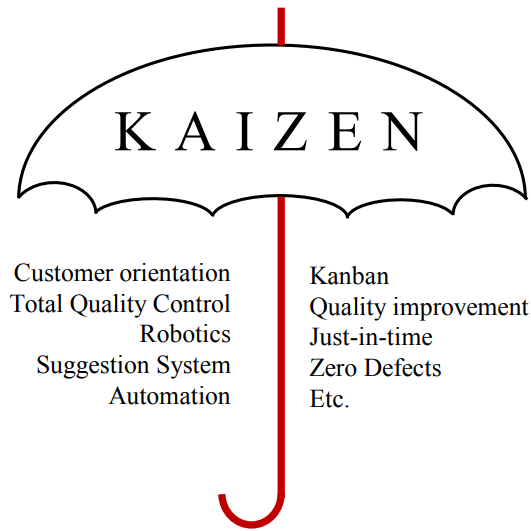


Figura 12 – “The Kaizen umbrella” (Johansson et al. 2013).

2.2.9 Standardized Work

Standardized Work cujo significado é trabalho padronizado, é uma das ferramentas *Lean* mais poderosas e, como foi constatado anteriormente, é uma das bases do TPS. Esta ferramenta é definida como um conjunto de procedimentos estabelecidos através dos métodos e sequências de trabalho mais adequados. Sendo uma ferramenta *Lean*, o principal objetivo consiste em minimizar o desperdício e maximizar a eficiência (Pereira et al. 2016).

Esta ferramenta consiste em três elementos, de acordo com (Pereira et al. 2016):

- *Takt Time* (Tempo de resposta aos pedidos dos clientes) – Quantidade de produtos que devem ser realizados, de forma a responder à procura do cliente;
- Sequência de trabalho – Corresponde à ordem das tarefas a serem executadas em cada processo. Esta ordem deve ser realizada com o objetivo de maximizar a eficiência tendo em atenção questões de segurança;
- Inventário – Prevenir a quantidade de inventário mínimo de forma a garantir as necessidades dos clientes.

2.2.10 Ciclo *Plan, Do, Check e Act*

Em 1939, *Walter Shewhart* apresentou a primeira versão do ciclo de *Shewhart*. Este ciclo era composto por três etapas, sendo elas especificação, produção e inspeção. Mais tarde, *Shewhart* desenvolveu a sua ideia inicial, e com as mesmas etapas este afirmou que os três passos deviam percorrer um círculo e não uma linha reta devido à ligação entre as etapas. A Figura 13 ilustra os dois ciclos sugeridos por *Shewhart*, *Old Shewhart cycle* e *New Shewhart cycle* (Moen and Norman 2006).

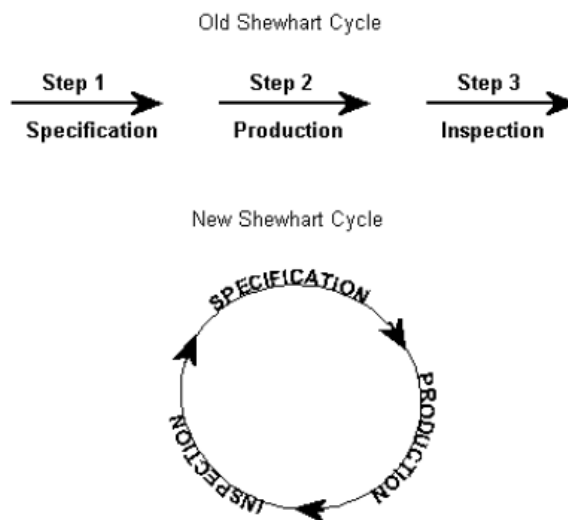


Figura 13 – Ciclos de *Shewhart* (Moen and Norman 2006).

Edwards Deming reintroduziu o ciclo *Shewhart* em 1986 e desenvolveu-o, criando o ciclo PDCA. Este é um diagrama de fluxos que tem como objetivo a compreensão e melhoria de um produto ou processo. Neste, os resultados reais são comparados com os que se pretendem atingir. A diferença entre os dois é avaliada e são usadas medidas corretivas para diminuir esta discrepância. Este controlo segue a definição de melhoria contínua e é representada pelo PDCA. O ciclo PDCA é mais do que apenas uma ferramenta, é um conceito de melhoria contínua adaptado à cultura organizacional de cada empresa (Sokovic, Pavletic, and Pipan 2010).

PDCA é um acrónimo de *Plan, Do, Check e Act* que significam, respetivamente, planear, executar, verificar e agir. De seguida, apresenta-se detalhadamente a definição de cada um destes segundo *Deming* (1994) e a sua representação na Figura 14.

1. Planear - Esta fase inicial consiste, numa primeira fase, na identificação do problema. Depois de o problema estar reconhecido, é analisado e planeado com o objetivo de responder a algumas perguntas como: o que se pretende fazer; quais são as expectativas; quais os objetivos; o horizonte temporal e como se pretende realizar.
2. Executar - Colocar em prática o plano traçado na primeira etapa.
3. Verificar - Estudar os resultados de forma a compreendê-los e analisar se correspondem à expectativa e ideia inicial. Em caso negativo, entender o que pode ter falhado, de forma a perceber se é um erro corrigível ou se é necessário um novo começo.
4. Agir - Decidir se se opta por adotar a mudança, se se abandona a ideia, ou se se repete o ciclo. No caso do ciclo se repetir, tem que se ter em consideração novas condições de trabalho, tais como: diferentes materiais; pessoas e regras.



Figura 14 – Ciclo PDCA (Sokovic, Pavletic, and Pipan 2010).

Inicialmente, qualquer método que se instale é instável e, por isso, após a aplicação do PDCA, é necessário estabilizá-lo através de um processo denominado ciclo SDCA. SDCA é um acrónimo para *Standardize, Do, Check, Act*, que significa padronizar, executar, verificar e agir, respetivamente. Este ciclo tem como objetivo a compreensão de anomalias que ocorram, de modo a perceber as causas para estas terem acontecido, tais como: peças defeituosas; clientes insatisfeitos, etc. (Imai 2012).

O ciclo SDCA é responsável pela padronização e estabilização dos processos que estão a acontecer, garantindo assim a manutenção. Por outro lado, o ciclo PDCA tem como objetivo a melhoria contínua de cada um desses processos.

2.2.11 *Single Minute Exchange of Die*

SMED é o acrónimo de *Single Minute Exchange of Die*, ou seja, troca rápida de ferramentas. Este é uma das ferramentas *Lean* que, inicialmente, foi criada por *Taiichi Ohno* e que foi desenvolvida por *Shigeo Shingo*.

Os principais problemas detetados na indústria automóvel japonesa por *Shingo* estavam relacionados com os tempos perdidos em atividades que não acrescentavam valor à produção. Depois de estudar estas atividades constatou-se que o motivo principal da perda de tempo era devido aos tempos de *setup*, e, assim, *Shigeo Shingo* separou as operações em duas categorias (Dillon and Shingo 1985):

- *Setups* internos – Operações que só podem ser realizadas com a máquina parada, como por exemplo, a montagem e desmontagem de equipamentos/ferramentas;
- *Setups* externos – Operações que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento, como, o transporte de ferramentas, a preparação da operação seguinte, etc.

Segundo Dillon e Shingo (1985), para a implementação da filosofia SMED é necessário, em primeiro lugar, realizar um levantamento dos tempos e distinguir entre os *setups* internos e externos, seguidamente, pretende-se transformar os *setups* internos em externos. Por fim, reduzir estes tempos procedendo à melhoria contínua de cada atividade de ambos os *setups*.

2.2.12 *Total Productive Maintenance*

Total Productive Maintenance (TPM) é uma ferramenta *Lean* que consiste em garantir a manutenção dos equipamentos. A manutenção pode ser dividida em preventiva ou corretiva. A manutenção preventiva é a mais avançada e consiste em prever quando o equipamento pode falhar, enquanto a manutenção corretiva baseia-se em corrigir um problema que já ocorreu (Eaton 2013).

Segundo Eaton (2013), o propósito da filosofia TPM é conseguir atingir resultados como:

- Zero defeitos;
- Zero falhas de equipamentos não previstas;
- Zero acidentes;
- Redução dos custos de operação;
- Redução dos tempos de operação;
- Aumento do tempo de vida dos equipamentos.

O conceito TPM é desenvolvido sob a base dos 5S's, na Figura 15 são visíveis os 8 pilares que suportam esta filosofia.

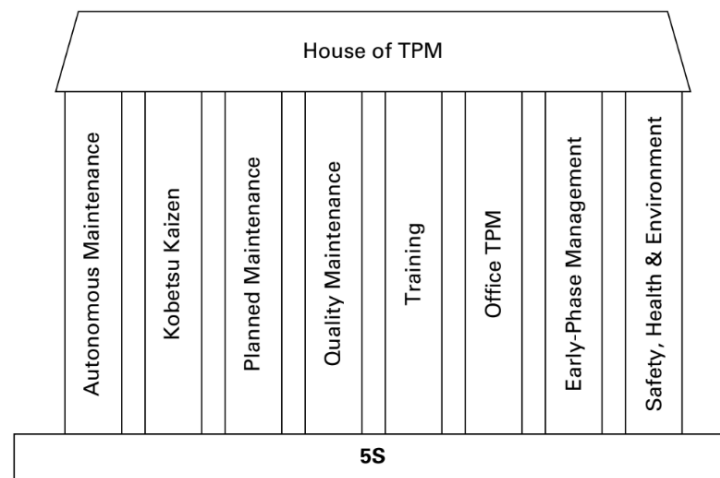


Figura 15 - Pilares da filosofia *Total Productive Maintenance* (Eaton 2013).

Na Tabela 1, apresenta-se uma breve descrição de cada um destes pilares.

Tabela 1 - Descrição dos pilares do *Total Productive Maintenance* (Eaton 2013).

Pilar	Descrição
<i>Quality Maintenance</i>	Diminuir a variabilidade dos produtos finais através de uma melhoria contínua dos equipamentos
<i>Autonomous Maintenance</i>	Envolver os operadores em atividades de manutenção de rotina
<i>Special Improvement (Kobetsu Kaizen)</i>	Trabalhar sempre com o foco de identificar pequenas melhorias que irão reduzir perdas
<i>Planned Maintenance</i>	Planear a manutenção preventiva, de forma a evitar perdas
<i>Training</i>	Construir uma equipa multifacetada e treinada, de forma a conseguir realizar com sucesso tanto uma manutenção preventiva, como corretiva
<i>Office TPM</i>	Aplicar o TPM nos escritórios e não apenas nas fábricas
<i>Safety, health and environment</i>	Obter zero acidentes no trabalho e minimizar o impacto ambiental
<i>Early-Phase Management</i>	Desenvolver o processo de TPM quando este é introduzido pela primeira vez

2.2.13 Overall Equipment Effectiveness

OEE é o acrónimo de *Overall Equipment Effectiveness*, ou seja, eficiência geral dos equipamentos. Para o conhecimento desta eficiência é necessário ter em atenção três aspetos, são estes a disponibilidade, a produtividade e a qualidade, que serão descritos de seguida. (Stamatis 2010):

- Em relação à disponibilidade dos equipamentos, esta refere-se ao tempo que é previsto o equipamento trabalhar comparando com aquele que realmente trabalha. Aqui entram as paragens planeadas (atuação preventiva) e aquelas que não foram planeadas (atuação corretiva);
- Por outro lado, a produtividade compara a produtividade esperada com a que realmente acontece, ou seja, se o equipamento trabalha à velocidade esperada;
- A qualidade informa sobre a percentagem de peças defeituosas que foram produzidas.

Através destes parâmetros é possível ter consciência da eficiência dos equipamentos e, desta forma, compreender o que pode ser melhorado aumentando a eficiência. Um dos principais objetivos do programa OEE é reduzir e, se possível eliminar, as conhecidas seis grandes perdas (*Six Big Losses*). Na Figura 16, é possível a observação de cada uma destas perdas e a sua relação com os diferentes parâmetros do programa OEE (Stamatis 2010).

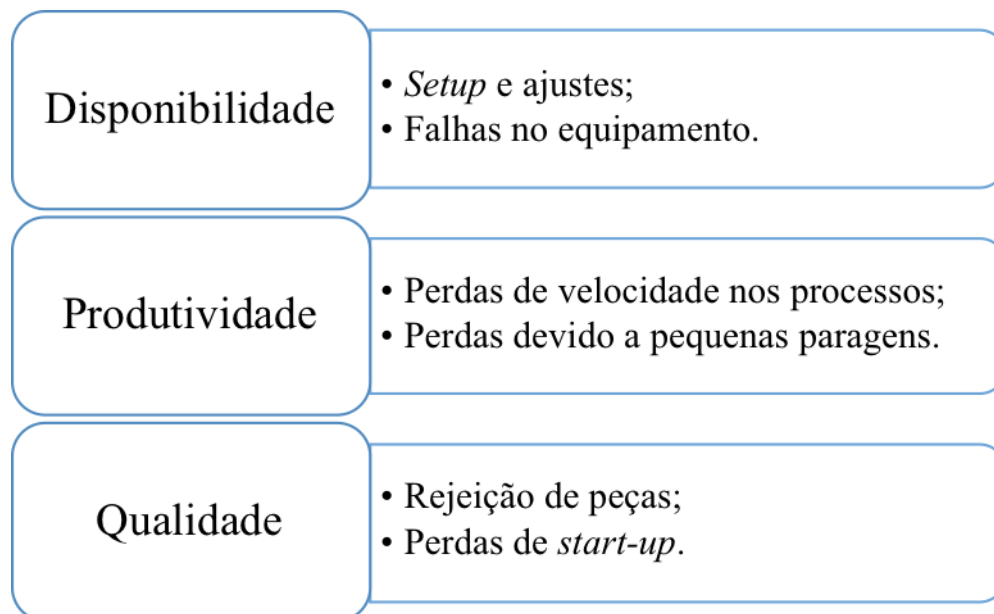


Figura 16 - As 6 grandes perdas do programa OEE.

2.3 LASER

Apesar de ter sido um conceito estudado e desenvolvido por muitos como *Newton*, *Maxwell*, *Young* e *Einstein*, foi *Theodore Maiman*, em 1959, o responsável pela produção do primeiro LASER. A palavra LASER é um acrónimo de *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* que significa amplificação da luz por emissão estimulada de radiação (Caristan 2004).

Um LASER é composto por 3 componentes fundamentais, sendo eles, o meio ativo, a fonte de bombeamento e a cavidade ressonante. Um feixe LASER é formado por partículas de luz, fótons, as quais são concentradas e emitidas na forma de um feixe contínuo, sendo que para ocorrer esta emissão, é necessário a libertação de fótons.

Quando uma fonte de bombeamento fornece energia aos elétrons do meio ativo, estes, ao absorverem a energia fornecida, deslocam-se para uma órbita superior que apresenta maior energia. No estado de maior energia, o elétron tem tendência para voltar ao estado fundamental e, neste decaimento pode ocorrer a emissão de um fóton. Assim, inicia-se um efeito em cascata conhecido como emissão estimulada, pois o fóton emitido pelo elétron estimula o elétron seguinte a emitir um novo fóton que apresenta a mesma frequência, a mesma fase, o mesmo sentido de polarização e a mesma direção de propagação que o fóton que lhe deu origem. A emissão estimulada ocorre desde que se consiga excitar um número mínimo de elétrons, de modo a obter-se uma inversão de população, ou seja, por forma a existirem mais elétrons excitados do que elétrons no estado fundamental. A cavidade ressonante tem como objetivo fazer com que os fótons criados por emissão estimulada permaneçam no meio ativo, criando mais emissão estimulada e, deste modo, manter a cascata de emissões e formar o feixe LASER (Steen and Watkins 2003).

2.3.1 Tipos de LASER

Os LASER podem ser classificados de diferentes maneiras, nomeadamente pelo comprimento de onda, meio ativo ou regime de funcionamento. Para a utilização de LASER no processamento de materiais normalmente utiliza-se a distinção por meio ativo.

Segundo Kannatey-Asibu (2009), os tipos de LASER podem ser divididos, utilizando a distinção por meio ativo, nos seguintes grupos:

- LASER sólidos:
 - LASER de rubi;
 - LASER de neodímio (Nd:YAG e Nd:Glass);
 - LASER de disco;
 - LASER de fibra;
 - LASER semicondutores ou LASER de díodo;
- LASER gasosos:
 - LASER de átomos neutros (ex: He-Ne);
 - LASER de ião (ex: árgon; cripton; mercúrio e xénon);
 - LASER de vapor metálico (ex: He-Cd e He-Se);
 - LASER molecular (CO₂ e excímeros);
- LASER líquidos:
 - LASER de corante.

Apesar da grande variedade de LASER existentes, alguns são mais utilizados que outros. Através da Figura 17 é possível observar os LASER que oferecem maiores receitas a nível industrial nos últimos três anos (LASER World 2018). Dois desses LASER são os LASER CO₂ e os LASER de fibra, sendo também os existentes na empresa onde este projeto foi realizado, pelo que, de seguida se apresenta em detalhe cada um destes tipos de LASER

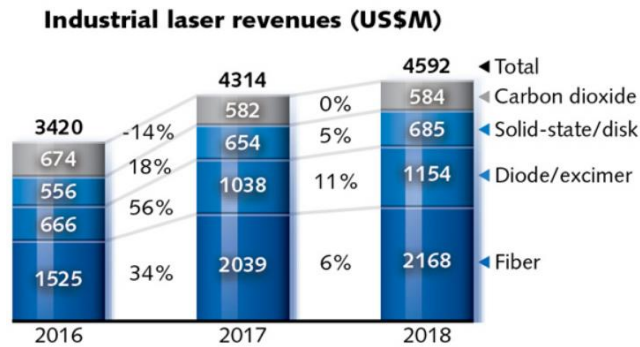


Figura 17 - Receitas do LASER a nível industrial nos últimos três anos (LASER World 2018).

LASER CO₂

Em qualquer LASER de CO₂, um fluxo de alta energia de eletrões passa por uma mistura gasosa a baixa pressão, constituída por CO₂, azoto e hélio, nas proporções 1:5:20 por volume, respetivamente. O azoto e o hélio são adicionados ao CO₂ para tornar a ação do LASER mais eficiente, o hélio promove a inversão de população, enquanto o azoto ajuda a excitar as moléculas de CO₂, responsáveis pela emissão da radiação (Powell 1993).

A ideia principal consiste no facto de o LASER receber energia mecânica sob a forma de eletrões que se deslocam a elevadas velocidades. Os eletrões transmitem a energia para as moléculas de gás por colisão e o CO₂ gera um feixe de luz. Na Figura 18, é possível observar um esquema simples de um LASER de CO₂ (Powell 1993).

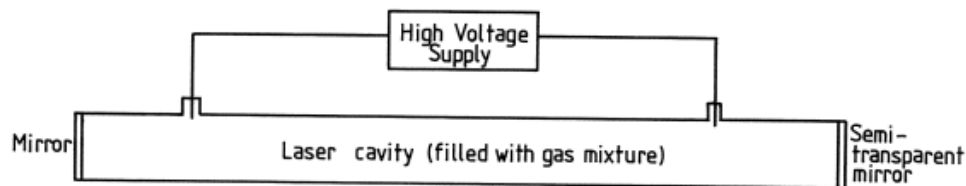


Figura 18 - Esquema simples de um LASER de CO₂ (Powell 1993).

Este tipo de LASER pode ser caracterizado por parâmetros como: o modo de excitação e o tipo de arrefecimento.

Os modos de excitação mais comuns para estimular LASER industriais de CO₂, são, segundo Ion (2005), através de métodos elétricos recorrendo à corrente contínua (DC), ou à corrente alternada (AC). No caso de a excitação ser por AC, esta pode ser de alta frequência, média frequência ou radiofrequência. Apesar de a utilização de geradores de corrente contínua ser mais económica e de razoável eficiência, obriga a manutenção frequente dos elétrodos. Por isto, cada vez mais se utilizam métodos de excitação através da radiofrequência, pois não é necessário efetuar manutenção de elétrodos e o volume que pode ser excitado é maior, transmitindo assim mais potência.

Segundo Ion (2005), os LASER de CO₂ estão sujeitos a diferentes tipos de arrefecimento, os três mais usuais são: o fluxo axial lento; o fluxo axial rápido e o fluxo transversal. Nos geradores de fluxo axial lento o arrefecimento é efetuado por água, que ao percorrer as paredes da cavidade ressonante, promove a troca de calor com o exterior, sendo um arrefecimento por condução. Por outro lado, os geradores de fluxo axial rápido e transversal são arrefecidos por correntes de convecção. Estas correntes são criadas pelo escoamento do gás que integra o meio ativo, no interior da cavidade ressonante. No caso do fluxo axial, o escoamento de gás é paralelo ao eixo principal da cavidade, enquanto no fluxo transversal é perpendicular.

LASER de Fibra

Estes tipos de LASER são fabricados à base de fibras óticas e podem ser divididos em alta potência ou baixa potência. Os LASER de fibra de alta potência são os mais utilizados para alguns processos de fabrico, como o corte e a soldadura. A maioria destes LASER são normalmente obtidos usando fibras óticas conhecidas como *double-clad*, ou seja, fibras de dupla camada. Este tipo de fibra é constituído por uma camada interior denominada núcleo revestida por uma camada conhecida por *inner cladding* que por sua vez é revestida pela camada mais exterior *outer cladding*. A camada interior, o núcleo, é enriquecida com elementos raros como meio ativo, tais como: érbio (Er); neodímio (Nd); itérbio (Yb), entre outros. A camada externa (*outer cladding*), é constituída normalmente de material polimérico e permite a propagação da luz bombeada até que esta seja totalmente absorvida pela camada interior (*inner cladding*). Esta funciona como cavidade ressonante, na qual a luz absorvida provoca a inversão dos átomos inseridos. Na cavidade ressonante são inseridos dois filtros conhecidos como *Bragg gratings* que funcionam como espelhos nesta cavidade, a sua utilização deve-se à facilidade que existe em produzi-los em massa. Na Figura 19 pode-se observar a constituição das fibras de dupla camada. A maioria dos LASER de Fibra utiliza como fonte de bombeamento LASER semicondutores pois estes fornecem uma elevada potência ótica a um baixo custo (Kannatey-Asibu 2009).

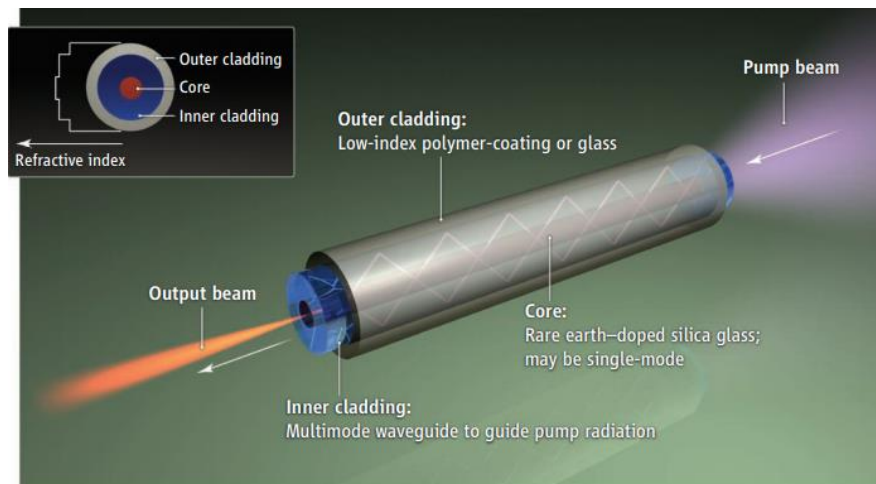


Figura 19 - Esquema da dupla-camada de um LASER de Fibra (Nilsson and Payne 2011).

A utilização deste tipo de LASER apresenta diversas vantagens quando comparado com outros tipos, tal como apresentado em seguida (Kannatey-Asibu 2009).

- Vantagens:
 - LASER compactos e, por isso, conhecidos como “*briefcase LASER*”;
 - Alta qualidade de feixe;
 - LASER extremamente estáveis;
 - Ponto focal pequeno, o que permite ter uma zona termicamente afetada e uma perda de material reduzidas;
 - Não é necessária muita manutenção;
 - Eficiência relativamente alta, de cerca de 50%, em comparação com os LASER CO₂ (10 a 30%) e os LASER Nd: YAG (2%).

Os LASER têm diversas aplicações a nível industrial, na Figura 20 é possível observar aquelas que, em 2017, foram as aplicações em que o LASER foi mais utilizado. É de realçar que a indústria do Corte LASER se destaca com 35%, sendo a aplicação mais utilizada (LASER World 2018).

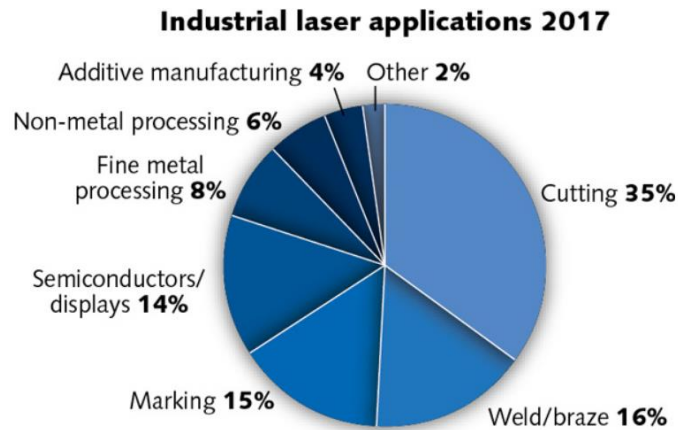


Figura 20 - Aplicações do LASER na indústria em 2017 (LASER World 2018).

2.3.2 Corte LASER

A promoção da indústria do LASER deveu-se, na sua maioria, ao filme *Star Wars*, criado em 1977. Um ano depois de o filme ser lançado, foi introduzida no mercado a primeira máquina de Corte LASER pela empresa norte americana *Strippit, Inc.* Na Figura 21 é possível observar a primeira máquina comercializada (Caristan 2004).

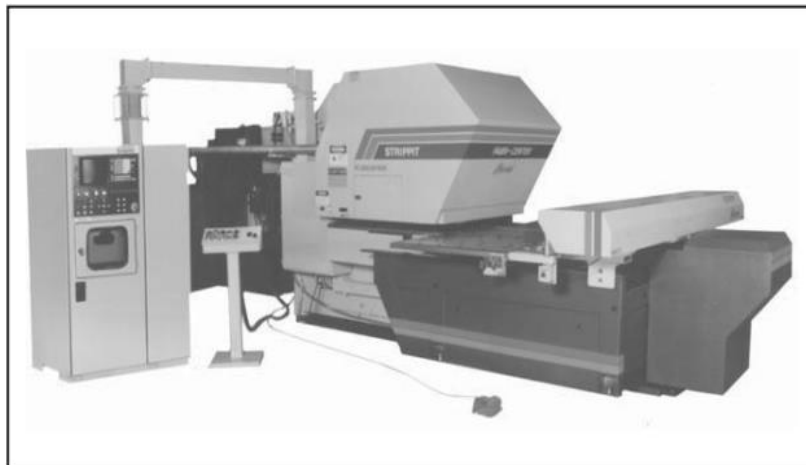


Figura 21 – Primeira máquina de Corte LASER comercializada (Caristan 2004).

O Corte LASER é uma tecnologia que utiliza o LASER para cortar materiais e é normalmente utilizado em ambientes industriais. As máquinas de Corte LASER são essenciais no mundo industrial e apresentam uma enorme variedade de tamanhos, potências, etc. Este processo consiste em várias etapas. Primeiramente, o LASER gera um feixe de luz de alta intensidade. De seguida, este feixe é focado na superfície da peça de trabalho por meio de lentes, aquecendo o material e fundindo-o localmente. Por fim, o material fundido é ejetado da área por um gás pressurizado que atua coaxialmente com o feixe de LASER, gerando, assim, o corte (Powell 1993).

As máquinas de Corte LASER, consoante o número de eixos de movimento que possuem, podem apresentar duas formas distintas de processamento, bidimensionais ou tridimensionais. As máquinas bidimensionais são as mais utilizadas e possuem três eixos. As máquinas de corte LASER tridimensionais são muito utilizadas em indústrias como a automóvel e a aeronáutica e podem ter 5 ou mais eixos de movimento.

O processo de Corte LASER possui diversas vantagens quando comparado com outras tecnologias equivalentes. Algumas destas vantagens são apresentadas de seguida (Powell 1993):

- É um processo sem contacto, ou seja, o feixe de LASER não toca fisicamente no material que está a ser trabalhado, sendo minimizados tanto os danos causados ao material como as contaminações, permitindo que materiais mais frágeis sejam submetidos a este processo com grande precisão;
- As máquinas de Corte LASER são extremamente seguras aquando da sua utilização;
- O Corte LASER é um processo térmico, no entanto, a zona afetada pelo calor do LASER é relativamente pequena e a maior parte deste material aquecido é removido durante o corte. Assim, a deformação e distorção do material a ser trabalhado são reduzidas;
- É um processo de alta velocidade, alta precisão e excelentes níveis de tolerância;
- O processo é totalmente controlado por Comando Numérico Computadorizado (CNC), ou seja, a maioria das alterações podem ser realizadas em segundos;
- É um processo extremamente silencioso. Em comparação com outras técnicas, este é um fator que não condiciona o ambiente de trabalho e a eficiência dos operadores;
- O preço inicial pode ser substancial, mas este é rapidamente rentabilizado, pois os custos de funcionamento são geralmente muito baixos;
- A largura de corte é extremamente estreita, sendo possível realizar um trabalho com muito detalhe e produzir geometrias de elevada complexidade.

3 Apresentação do problema

Neste capítulo é descrito detalhadamente o setor onde o projeto foi desenvolvido e é realizada a identificação dos problemas através de variadas ferramentas de análise. O setor no qual o projeto foi desenvolvido foi o setor de Corte LASER 2D, pois este foi considerado pela empresa o setor pioneiro deste projeto. É de notar que este é um dos poucos setores da empresa que trabalha 24 horas por dia, 7 dias por semana. Assim, a ideia é começar o projeto neste setor e, mais tarde, pretende-se aplicar as soluções encontradas em todos os outros setores.

3.1 Descrição do setor Corte LASER 2D (CL2D)

A empresa é composta por diversos setores e, cada um destes é responsável por um processo produtivo diferente. Na Tabela 2, apresentam-se os diferentes setores, assim como a sua codificação interna.

Tabela 2 - Setores e codificação.

Setor	Codificação Quantal S.A.
Corte LASER 2D e 3D	CL2D e CL3D
Quinagem	QUI
Ferramentaria	FER
Estampagem	EST
Soldadura (Robot, MIG/MAG, TIG e Resistência)	SR, SMM, STIG e SRES respetivamente
Maquinação	MAQ
Montagem	MONT
Embalamento	EMB

O *layout* da empresa divide-se em dois Pavilhões, denominados por Pavilhão 1 e Pavilhão 2. O setor de Corte LASER 2D (CL2D) encontra-se no Pavilhão 1, tal como demonstrado no Anexo A1. A cave do primeiro Pavilhão e o segundo pavilhão apresentam-se nos Anexos A2 e A3, respetivamente.

O setor de CL2D é o setor onde têm início a maioria das ordens de fabrico, sendo a matéria-prima mais utilizada no CL2D a chapa metálica. Este setor é composto por 4 máquinas de Corte LASER 2D, todas do fabricante *Trumpf*. Das máquinas existentes, 3 delas são máquinas de LASER de CO₂ (*TruLASER 5030*, *Traumatic L3050* e *Trumpf L4030*), enquanto a quarta máquina é de LASER Fibra (*TruLASER 5030 Fiber*). Atualmente, apenas 3 das 4 máquinas estão em funcionamento, pois a máquina *Trumpf L4030* está parada desde o início do corrente ano civil devido a uma avaria.

A máquina de CL2D de fibra (*TruLASER 5030 Fiber*) tem uma potência de 3000 W e é utilizada essencialmente para chapas finas, até 6 mm, pois a partir deste valor a máquina deixa de ter tanta rentabilidade. Por outro lado, as máquinas de CL2D de CO₂ (*Traumatic L3050*,

TruLASER 5030) mantêm a rentabilidade com chapas até aos 20/25 mm de espessura, respetivamente.

A máquina *Traumatic L3050* tem uma potência de 5000 W, enquanto a máquina *TruLASER 5030* apresenta 6000 W de potência e é, por isso, mais eficiente em chapas de maior espessura.

A Quantal S.A. é uma empresa que trabalha todos os dias, 24 horas por dia, no entanto, o horário dos trabalhadores varia de setor para setor. No CL2D a produção é realizada sem interrupção, 7 dias por semana, três turnos por dia, cada turno de 8 horas. Cada máquina está a cargo de um operador, havendo, por isso, durante a semana, 12 trabalhadores neste setor. Estes têm os seguintes horários: 06h00 às 14h00; 14h00 às 22h00 e finalmente das 22h00 às 06h00. É de realçar que cada trabalhador é responsável por realizar todos os meses um turno ao sábado e outro ao domingo, havendo também trabalhadores que trabalham apenas ao fim de semana.

Atualmente, como uma das máquinas não está em funcionamento, o operador que estaria nessa máquina foi incumbido de ajudar os outros três operadores em tudo o que estes precisarem, servindo assim de apoio nas restantes máquinas. É também de salientar que todas as semanas os trabalhadores mudam de máquina e que todos os meses alteram o seu horário de trabalho.

O setor de CL2D possui também um líder de setor que ajuda e controla o trabalho realizado em cada máquina e é o responsável por preparar para cada máquina as ordens de fabrico (OF) (Anexo B), no entanto, este não está presente durante todos os turnos e tem sempre o horário das 08h30 às 17h30.

Como foi referido anteriormente, a matéria-prima do setor CL2D são chapas metálicas, na sua maioria, de alumínio, aço inoxidável e ferro. As chapas encontram-se no IN do setor, perto do posto de trabalho e são transportadas para a máquina com a ajuda de uma ventosa, tal como apresentado na Figura 22.

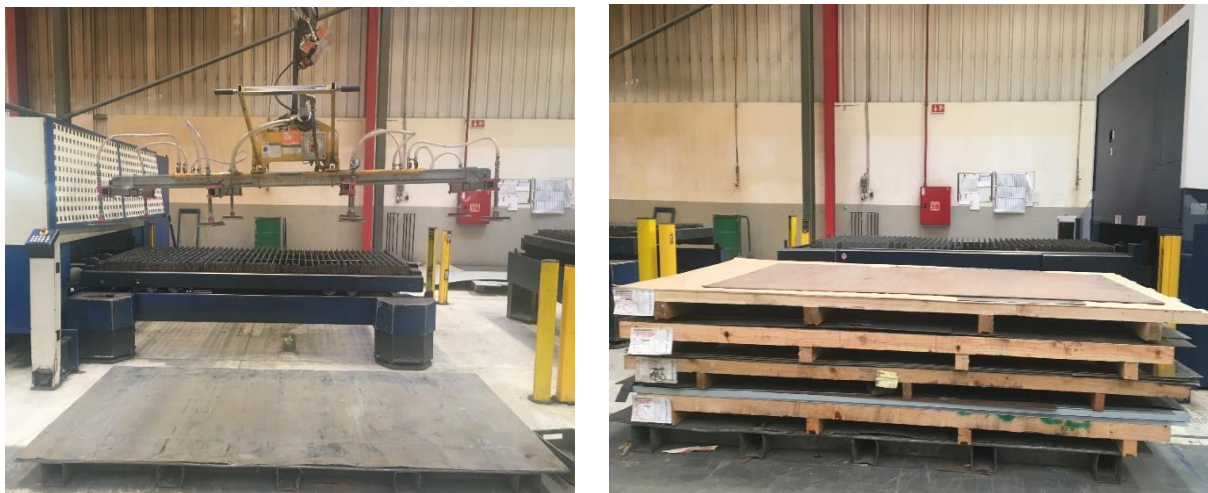


Figura 22 - Ventosa no transporte de uma chapa para a máquina (Lado esquerdo). Diferentes chapas junto ao posto de trabalho (Lado direito).

Recolheu-se informação através da observação visual e do recurso a entrevistas aos operadores acerca das diferentes tarefas que os operadores executam no CL2D. Na Tabela 3 são demonstradas as diferentes tarefas necessárias à realização de uma peça neste setor, assim como, uma breve descrição de cada uma destas.

Tabela 3 - Tarefas realizadas no Corte LASER 2D e a sua descrição.

Ordem	Tarefa	Descrição
1	Colocar chapa na mesa	A chapa é colocada numa das mesas da máquina com a ajuda da ventosa.
2	Trocar a mesa	As mesas são trocadas ficando, assim, a mesa com a chapa dentro do equipamento.
3	Abrir a OF	Através do computador existente no posto de trabalho, o operador abre a OF que já se encontra disponível no sistema da empresa.
4	Começar o corte	Com a OF aberta, o programa começa a correr e a máquina começa o corte.
5	Controlo de qualidade	Após a primeira peça ser realizada, a máquina é parada, de forma a controlar a peça.
6	Continuação do corte	Se o controlo da primeira peça for realizado com sucesso, continua-se com o corte.
7	Colocar na mesa a nova chapa	Enquanto a primeira OF é cortada, coloca-se na mesa que se encontra no exterior do equipamento, a chapa que será utilizada em seguida.
8	Acabar corte na 1. ^a chapa	-
9	Fechar a OF	A primeira OF acaba de ser cortada e, por isso, fecha-se a OF correspondente.
10	Troca as mesas	A troca das mesas é realizada de forma a que a mesa que contém a nova chapa entre e a mesa com a OF realizada saia.
11	Abrir a nova OF	A nova OF é aberta.
12	Começar o corte	-
13	Controlo de qualidade	-
14	Continuar o corte	-
15	Retirar as peças da primeira chapa	Enquanto a segunda OF é cortada, o operador desloca-se à mesa que contém as peças da primeira OF e retira-as.
16	Colocar as peças no OUT	As peças são colocadas em paletes, no espaço relativo ao OUT, consoante o setor para onde irão em seguida.

A tarefa 5, controlo de qualidade, é uma atividade realizada pelo próprio operador e que varia consoante a OF, ou seja, o número de peças a ser controlado depende da dimensão do lote ou do pedido do cliente. Caso este último não exija nenhum tipo de controlo específico, o operador deve seguir a instrução de trabalho, que define o número de peças a controlar consoante a dimensão do lote. Caso o cliente solicite um controlo específico, o operador deve seguir o descrito no plano de controlo solicitado pelo cliente. Neste plano, o cliente escolhe a quantidade de peças que deseja que sejam controladas, assim como a técnica de avaliação ou medição e especificações a utilizar.

Além das atividades descritas na Tabela 3, há também outras tarefas que são realizadas durante os turnos de cada operador, tais como as demonstradas na Tabela 4. Além das máquinas utilizadas para as atividades referidas ao longo da Tabela 4, todas as outras ferramentas do setor estão representadas no Anexo C.

Tabela 4 - Outras atividades realizadas no Corte LASER 2D.

Ordem	Tarefa	Descrição
1	Limpeza da máquina	A limpeza da máquina consiste na manutenção preventiva do equipamento por parte do operador. O tempo de duração desta atividade é de um turno, ou seja, 8 horas por semana. Os diferentes equipamentos nunca realizam esta manutenção ao mesmo tempo, sendo realizada sempre em dias diferentes.
2	Limpeza do posto de trabalho	No final de cada turno, os últimos 15 minutos, são dedicados à limpeza do posto de trabalho.
3	Rebarbagem	Rebarbar é uma operação de acabamento e é realizada pela rebarbadora, sendo executada na presença de rebarbas mais grossas, de forma a eliminá-las. É necessário a utilização de óculos de proteção por razões de segurança.
4	Vibração	Vibrar é uma operação de acabamento através do uso de uma vibradora e é executada na presença de rebarbas não tão grossas, de forma a eliminá-las.
5	Granalhagem	Granalhar é uma operação de acabamento e é realizada pela granalhadora com o objetivo de limpar, clarear e suavizar a peça. Durante a operação é necessário usar proteção auditiva por razões de segurança.

3.2 Oportunidades de melhoria no posto de trabalho do sector CL2D

Após estudo e observação detalhada de todo o procedimento realizado pelos operadores no setor CL2D, assim como das diferentes operações e tarefas realizadas em cada um dos postos de trabalho deste setor, foi possível identificar diversos problemas, que afetam de forma global o setor. Os problemas identificados estão relacionados sobretudo com o posto de trabalho e com a falta de registos de atividade dos equipamentos, pelo que estes dois problemas se encontram descritos de forma detalhada em seguida.

3.2.1 Posto de trabalho

Com base na recolha de informação e de forma a avaliar a situação atual, tentou-se perceber os problemas provenientes do posto de trabalho, no sentido de verificar o que poderia ser alterado.

Cada posto de trabalho contém um computador cujo suporte é feito por uma estrutura metálica assente no chão, tal como o demonstrado na Figura 23. Cada computador é constituído por um monitor, um teclado e um rato, todos ligados por fios, e é utilizado para registar todas as operações relativas a cada máquina e ter acesso às ordens de fabrico.



Figura 23 - Estrutura de fixação do computador.

Assim, por observação visual do setor CL2D, identificaram-se as seguintes dificuldades inerentes ao uso deste computador, tal como se pode observar na Tabela 5.

Tabela 5 - Problemas da situação atual da empresa.

Problema	Causa	Efeito
Cablagem solta	Excesso de cabos Falta de proteção	Mau aspeto esteticamente Torna perigosa a circulação, podendo causar a interrupção do registo de operações caso os cabos sejam desligados
Falta de segurança	Estrutura metálica de apoio e computador não estão fixos	Queda da estrutura ou do computador
Sujidade	Falta de limpeza	Dificulta a utilização dos equipamentos
Utilização incorreta do espaço	Excesso de espaço na estrutura de apoio	Colocação de bens pessoais e outros objetos de trabalho na estrutura de apoio
Localização do computador em relação à máquina	Dimensão de toda a estrutura	Difícil acesso ao computador

Após o estudo realizado decidiu-se questionar os trabalhadores do setor de CL2D sobre a sua opinião e experiência no que diz respeito à estrutura que sustenta o computador. Esta avaliação foi realizada através de um questionário, que pode ser observado no Anexo D. Este foi realizado aos 12 trabalhadores do CL2D, deixando-se de fora os trabalhadores que apenas trabalham ao fim-de-semana, pois estes trabalham muito menos horas que os restantes operadores da empresa.

Relativamente às perguntas relacionadas com o computador de registo de operações e a sua estrutura, realizaram-se três questões. De seguida, encontram-se os resultados.

A primeira pergunta colocada sobre este tema foi se os trabalhadores consideram que o computador se encontra seguro na estrutura atual e se esta é a mais adequada para o suportar, os resultados podem ser observados na Figura 24.

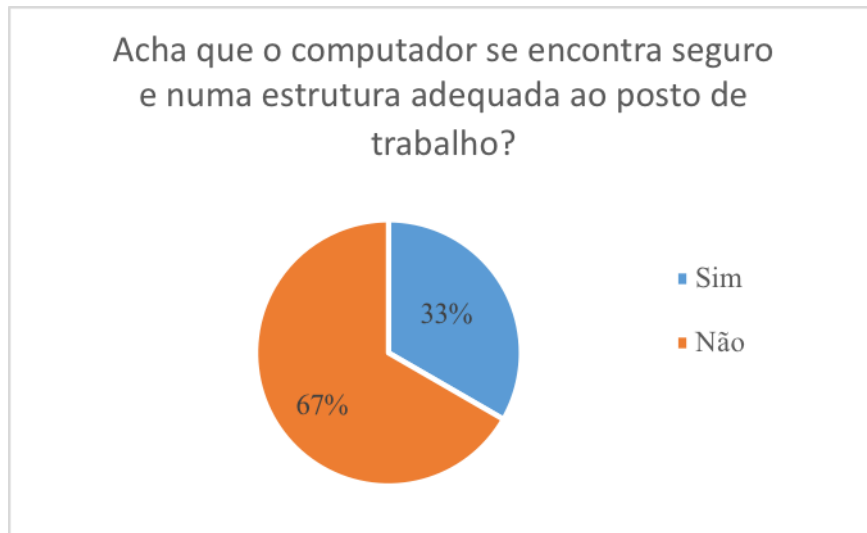


Figura 24 - Opinião dos trabalhadores sobre o posto de trabalho.

Pelos resultados obtidos no gráfico da Figura 24, é possível concluir que dois terços dos trabalhadores consideram que a estrutura não é a mais indicada e que o computador não se encontra em segurança.

A segunda pergunta realizada tem como objetivo compreender se os trabalhadores já tiveram algum problema com o computador.

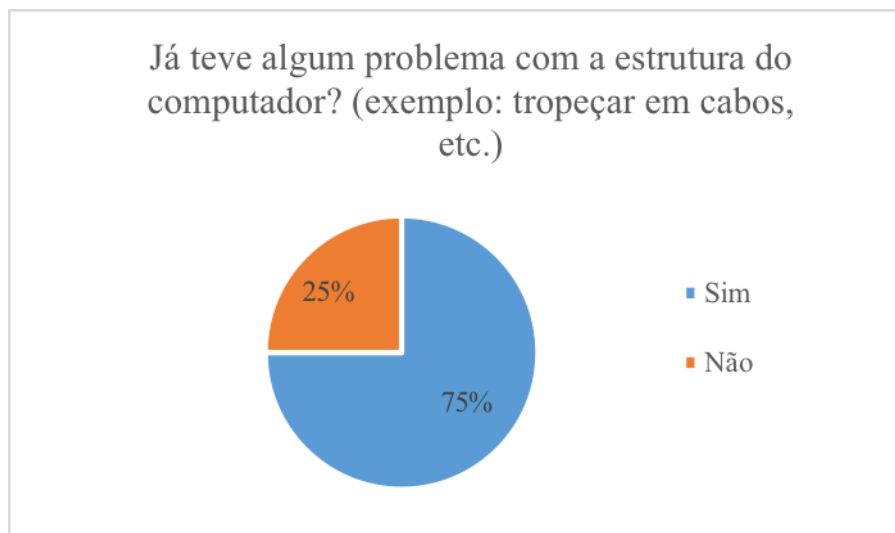


Figura 25 - Conhecimento de problemas causados pela estrutura do computador.

Através do gráfico da Figura 25 podemos concluir que 3 em 4 trabalhadores já tiveram algum problema, como por exemplo tropeçar em cabos, desligando o computador, entre outros. Todos estes problemas provocam algumas dificuldades, tais como:

- Perda de tempo de trabalho;
- Necessidade de substituir material que sofre danificações, o que leva a gastos que podiam ser evitados;
- Perda de registos;
- Falta de segurança.

A terceira e última pergunta tem o objetivo de saber se, na opinião dos trabalhadores, existe ou não falta de limpeza e organização.

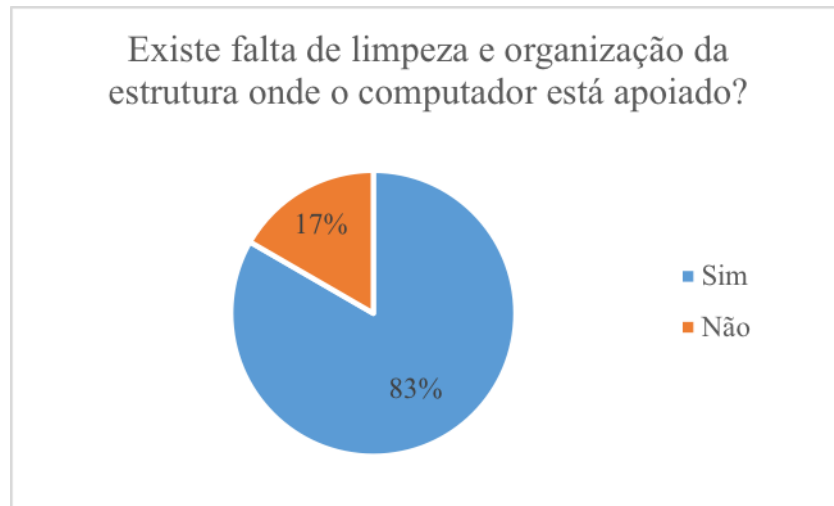


Figura 26 - Opinião dos trabalhadores em relação à necessidade de limpeza e organização do posto de trabalho.

Como se pode constatar através do gráfico da Figura 26, 83% dos operadores consideram que a organização e limpeza do espaço de trabalho são um problema existente na estrutura e no computador.

Com base nos resultados obtidos através do questionário realizado aos operadores e pela análise observacional durante o período de tempo de contacto neste setor, verifica-se a necessidade de otimizar este equipamento, quer por uma questão de segurança para os operadores, quer para o próprio sistema de produção e limpeza.

3.2.2 Registo de atividade

Com base na recolha de informação e de forma a avaliar a situação atual, tentou perceber-se os problemas provenientes da falta de registo da atividade das máquinas, no sentido de verificar o que poderia ser alterado.

As máquinas de CL2D estão equipadas com um sinalizador luminoso vermelho, tal como ilustrado na Figura 27. Este permite saber quando é que a máquina se encontra a trabalhar ou está parada, estando o sinalizador ligado, ou desligado, respetivamente. Este sinalizador constitui um método de observação visual, não possuindo qualquer componente acústica. É de realçar que o sinalizador não está ligado a nenhum *software* que permita o registo automático de informação, não havendo, desta forma, registo das paragens sofridas pelos equipamentos.



Figura 27 - Sinalizador luminoso ligado na máquina.

Com o objetivo de conhecer quais os registos e análises que a empresa possui relativamente ao tempo útil e às paragens dos equipamentos, contactou-se o Departamento de Manutenção, sendo este o único que na empresa possui registos acerca da disponibilidade das máquinas. Este departamento apenas possui os dados relativos às paragens efetuadas para atividades de manutenção, realizadas tanto pelos operadores como pelos colaboradores deste departamento, não sendo contabilizadas quaisquer outras interrupções. Com base nestes registos, é calculada a disponibilidade das máquinas, que ronda aproximadamente o valor de 90%, tal como demonstrado no Anexo E. Como se percebe este é um valor elevado, não só pelo facto de se registarem apenas um só tipo de paragens, como também pelo facto de, nem todas estas serem registadas. A ideia de que a Manutenção apresenta valores irreais é suportada pelos registos das máquinas, que contém dados acerca do número total de horas de funcionamento e do número de horas úteis de trabalho destas, no entanto, estes registos existem desde que as máquinas começaram a funcionar na empresa. Na Tabela 6, apresentam-se os dados retirados de cada uma das máquinas em funcionamento do setor CL2D (Anexo F), os quais confirmam a existência de uma disparidade entre os valores reais e os obtidos pela Manutenção.

Tabela 6 - Registos das máquinas acerca da sua disponibilidade.

Máquina	<i>TruLASER 5030 Fiber</i>	<i>TruLASER 5030</i>	<i>Traumatic L3050</i>
Tempo que a máquina esteve ligada	78212 horas	43748 horas	14305 horas
Tempo que máquina esteve a trabalhar	35438 horas	24466 horas	4582 horas
Percentagem de tempo que a máquina está a trabalhar	45%	56%	32%
Média	44% < 90%		
Máquina com maior disponibilidade	56% < 90%		

No seguimento da informação obtida anteriormente, procurou-se identificar todas as razões que se encontram na origem das paragens das máquinas, visto que a empresa apenas regista as paragens para manutenção. Para tal, realizaram-se entrevistas aos trabalhadores e observou-se

o seu trabalho. Por conseguinte, foram identificados 3 tipos de paragens, as quais estão representadas na Figura 28 e se expõem de seguida.

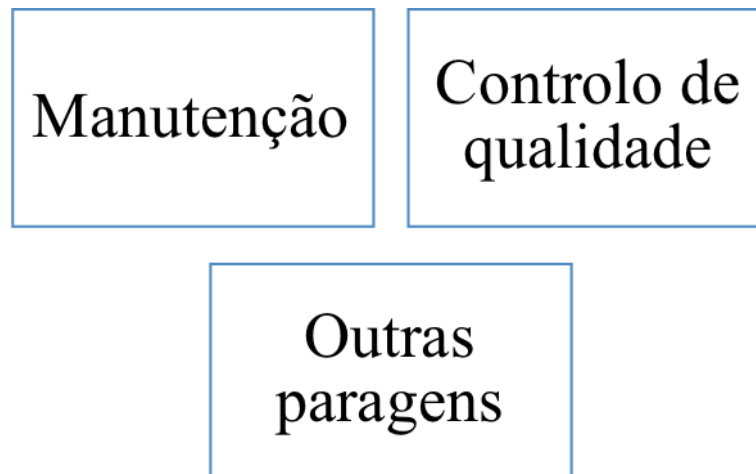


Figura 28 – Paragens das máquinas.

1. Manutenção

Relativamente à manutenção, esta pode ser dividida em dois tipos: manutenção preventiva e manutenção corretiva. A primeira é realizada tanto pelos operadores como pelo Departamento de Manutenção, a segunda, por sua vez, é apenas realizada pelo Departamento, cujo horário é das 8h30 às 17h30, ou seja, muito menor que o tempo de funcionamento do setor.

De seguida, são analisados os dois tipos de manutenção, nomeadamente o seu objetivo e desempenho.

Manutenção Preventiva

No caso de a manutenção preventiva ser realizada pelos operadores, é esperado que cada máquina faça este tipo de manutenção durante um turno por semana, ou seja, 8 horas semanais. Cada máquina realiza este tipo de manutenção num determinado dia da semana, ou seja, uma máquina realiza à segunda-feira, outra à terça-feira e outra à quarta-feira. Esta acontece normalmente no horário das 14h-22h. As 8 horas de manutenção devem ser realizadas de forma seguida sem interrupções, ou seja, um turno completo. Considerando que um ano tem 52 semanas, espera-se um valor teórico de aproximadamente 416 horas anuais dedicadas, por máquina, a este tipo de manutenção.

A paragem da máquina, associada à manutenção preventiva, deve ser registada pelos operadores no *software*, onde existe uma lista dos diferentes tipos de paragens que podem ocorrer, devendo os operadores escolher a opção que diz respeito à manutenção preventiva da máquina em questão, tal como é possível observar no Anexo G. Obtiveram-se estes registos, relativos ao ano de 2017, e verificou-se que no total foram registadas, em média, 217 horas de manutenção preventiva em cada máquina pelos operadores. No Anexo H apresenta-se, a título de exemplo, uma parte dos registos de paragem para manutenção por parte dos operadores.

Assim, é possível constatar que o valor teórico e o valor registado não coincidem, ou seja, apenas aproximadamente 50% do total teórico de paragens foi registado, tal como podemos observar no gráfico da Figura 29.

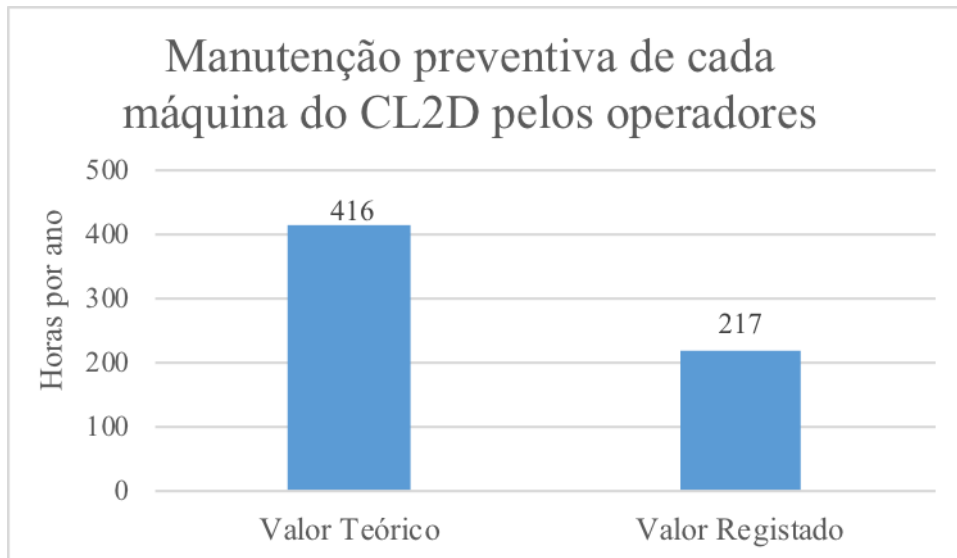


Figura 29 - Comparação entre o valor teórico e a média dos valores registados pelos operadores relativos à Manutenção Preventiva em 2017.

Caso a manutenção preventiva seja realizada pelo Departamento de Manutenção, esta deve ser feita um turno por mês em cada máquina, sendo assim dedicadas 8 horas mensais a esta atividade (8 horas seguidas sem interrupções). Dado que um ano tem 12 meses, o valor teórico definido para este caso é de 96 horas anuais para cada máquina, tendo este departamento a obrigação de registar sempre esta atividade.

No entanto, após a observação dos registos de 2017, fornecidos pelo Departamento de Manutenção (Anexo E), constatou-se que estes diferem bastante do valor teórico, pois foram registadas, em média 32 horas anuais de manutenção preventiva. Deste modo, verificou-se que apenas aproximadamente 30% do tempo teórico total foi realmente registado, tal como demonstrado no gráfico da Figura 30.

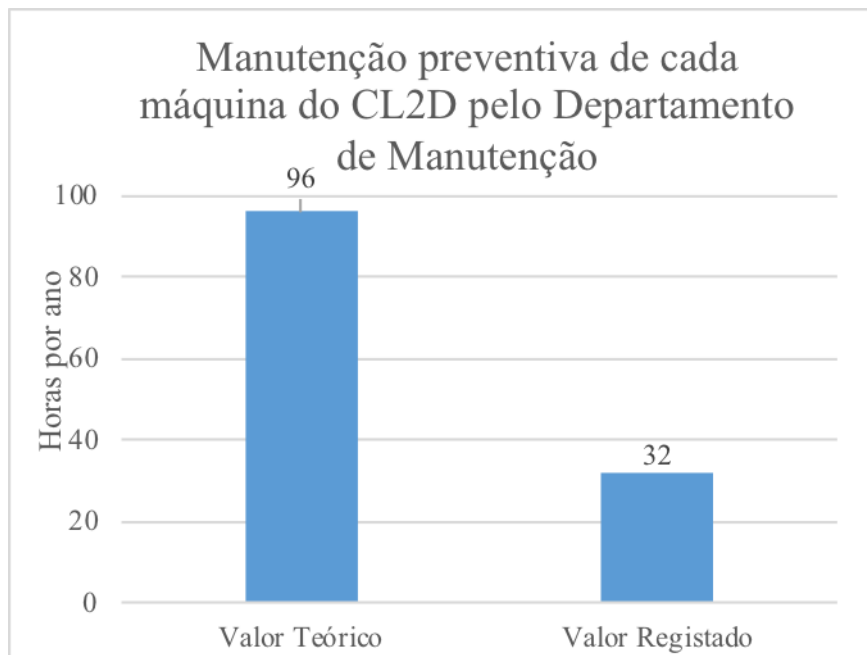


Figura 30 - Comparação entre o valor teórico e a média dos valores registados pelo Departamento de Manutenção relativos à Manutenção Preventiva em 2017.

Tal como foi referido, é possível constatar através das Figura 29 e Figura 30 que os valores teóricos não coincidem com os valores registados e que a discrepância entre eles é elevada. Tal é provavelmente explicado por algumas das seguintes hipóteses: a tarefa de manutenção é realizada, mas tanto os operadores como o Departamento de Manutenção não a registam; a tarefa não é realizada; ou então é realizada e registada, mas não corresponde ao tempo estipulado. É de salientar que todas estas hipóteses são possíveis, visto que não existe um controlo sobre a realização de manutenção preventiva e ambas as partes admitem que nem sempre fazem o registo.

Como foi referido anteriormente, a manutenção preventiva deve ser executada pelos operadores, em cada máquina, durante, aproximadamente, 8 horas semanais seguidas, sendo um dos problemas o incumprimento deste tempo. No sentido de perceber a dimensão deste incumprimento, avaliou-se a duração dos registos de manutenção dos operadores (Anexo H). No gráfico da Figura 31 é possível observar qual a percentagem de registos que cumpre o tempo estipulado, e as percentagens que estão abaixo e acima deste.

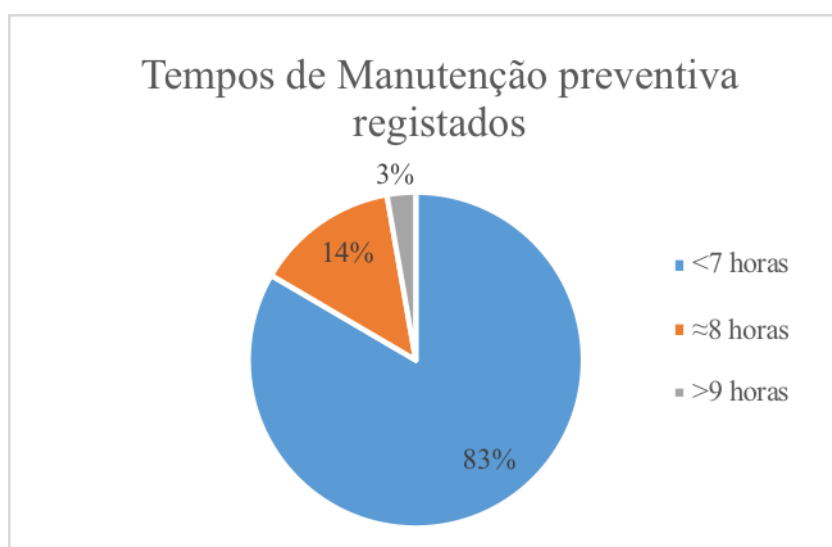


Figura 31 - Tempos registados de Manutenção Preventiva.

Após análise do gráfico da Figura 31, é possível concluir que a maioria dos registos de manutenção preventiva apresentam menos de 7 horas, ficando claro que os operadores não cumprem o tempo previsto. Devido a estes resultados, houve necessidade de tentar compreender a razão pela qual os trabalhadores realizam menos horas de manutenção preventiva do que aquelas que é esperado.

Como auxílio à atividade de manutenção preventiva, cada posto de trabalho tem um Plano de Manutenção que, no caso do CL2D, é muito semelhante nas três máquinas em funcionamento. Um exemplo deste Plano é demonstrado no Anexo I, referente à máquina *TruLASER 5030*. Este Plano de Manutenção contempla os objetivos que os operadores devem cumprir durante a manutenção preventiva. Para perceber se este é utilizado e se contribui para a realização desta atividade, questionou-se os operadores acerca do mesmo. Após dialogar com estes, percebeu-se as dificuldades que estes têm em compreender alguns dos objetivos presentes no Plano e em realizá-los da melhor forma possível, visto que, além do facto de cada passo não estar discriminado, o Plano contém também os objetivos relativos ao Departamento de Manutenção e a técnicos especializados, o que dificulta a leitura, dado que dos 70 pontos presentes apenas 9 se dirigem aos operadores.

Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva, por sua vez, deve ocorrer o menor número de vezes possível, sendo o seu valor teórico ideal 0 horas, tal como foi abordado no capítulo 2.

A manutenção corretiva ocorre quando há um erro na máquina. Esta última pode parar de imediato, ou então trabalhar de forma condicionada, provocando erros nas peças. No caso de a máquina parar de imediato, a operação é interrompida e a máquina apresenta um aviso de erro, tal como ilustrado na Figura 32. No segundo caso, não há um aviso de erro, sendo o próprio operador a detetá-lo.

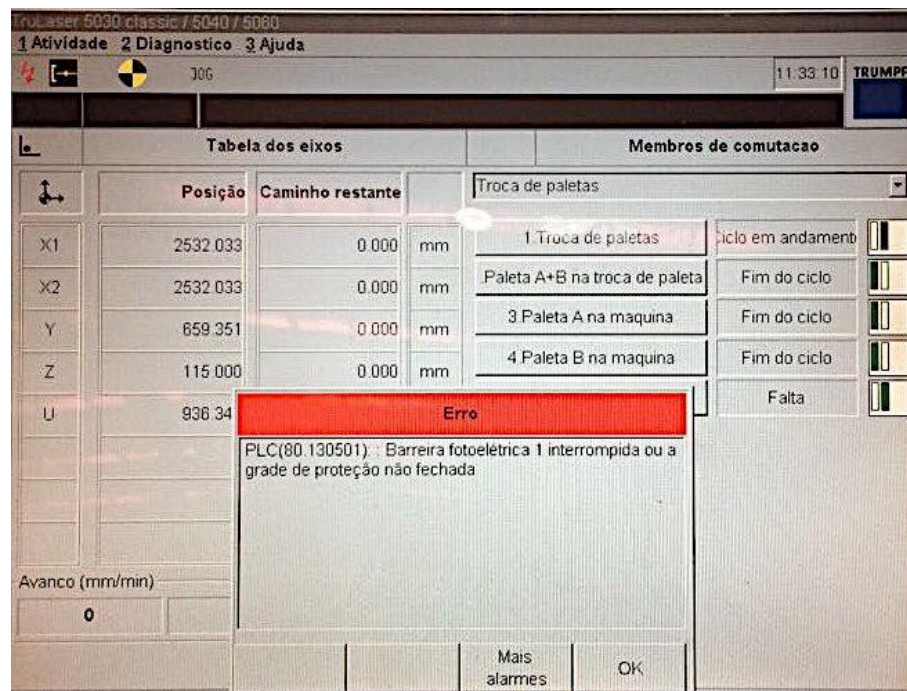


Figura 32 - Aviso de erro.

Aquando da ocorrência de um erro, o trabalhador deve registar a paragem no *software*, escolhendo a opção “Paragem por Avaria” da máquina em questão, tal como é possível analisar no Anexo G. De seguida, deve chamar o líder de setor, o qual deve preencher um documento denominado Pedido de Intervenção (Anexo J) e enviá-lo para o Departamento de Manutenção para que este possa agir. A partir desse momento, a Manutenção resolve o problema, efetuando também o registo de manutenção corretiva. Os trabalhadores voltam ao trabalho após a resolução do erro, possivelmente só no dia seguinte.

Com o objetivo de conhecer as causas para a realização deste tipo de manutenção no setor CL2D foram avaliados os registos existentes de 2017 de manutenção corretiva.

- Registos dos operadores (Anexo H) – Quando os operadores fazem o registo de manutenção corretiva têm à disposição um campo denominado “Observações” que permite a inserção de um comentário acerca do erro ocorrido. Apesar disto, apenas 12% dos registos efetuados contém o campo “Observações” preenchido e dentro destes nem todos contêm informação útil, sendo, por isto, impossível perceber as causas das avarias.
- Registos do Líder de setor – Tal como referido anteriormente, o líder de setor é responsável por preencher o documento Pedido de Intervenção (Anexo J) quando a sua presença é necessária. Este documento permite o registo da causa da avaria, origem da falha e uma descrição da intervenção efetuada caso seja o líder de setor a resolver o problema. Após o preenchimento do documento, o líder de setor tem que o enviar para o Departamento de Manutenção. Apesar de tudo isto, este documento não é utilizado pelos

líderes de setor. Depois de se questionar os trabalhadores acerca da não utilização deste documento percebeu-se que tal deve-se ao facto do documento ser confuso, pois possui informação desnecessária e limitada, dado que contém poucas opções de escolha e as que contém não acrescentam informação útil. Como este documento não é utilizado, é impossível perceber as causas das avarias. Como não existe nenhum controlo sobre o preenchimento deste documento, os líderes de setor quando pretendem chamar a manutenção procuram os seus trabalhadores pessoalmente. Deste modo, não existem muitos dos registos.

- Registos do Departamento de Manutenção – Os registos existentes neste departamento apenas contém informação relativa ao tempo gasto na manutenção corretiva, ou seja, não há qualquer indicação das causas das avarias. Dado que este departamento possui um maior conhecimento dos equipamentos comparativamente aos operadores e ao líder de setor, deveria ser o principal responsável pelo registo das causas das falhas.

Conclui-se, assim, que não é possível conhecer as causas das avarias e, consequentemente, das necessidades de manutenção corretiva.

Outras análises

Todos os dados e informações utilizados nas análises anteriores foram também usados para obter outras conclusões e informações complementares, as quais se apresentam de seguida.

1. Comparação dos tempos gastos em manutenção corretiva e manutenção preventiva

De forma a comparar o tempo utilizado nos dois tipos de manutenção, foram utilizados os registos dos Anexo E e H. O gráfico da Figura 33 apresenta as conclusões obtidas. Como se observa, o tempo dedicado à manutenção corretiva é bastante superior ao dedicado à manutenção preventiva, quando deve ser precisamente o oposto, conforme descrito no Capítulo 2. Por conseguinte, conclui-se que a manutenção preventiva não é realizada sempre que deveria ser ou não é feita da melhor forma possível.



Figura 33 - Comparação entre o tempo dedicado à manutenção preventiva e corretiva.

2. Comparação dos registos de paragens para manutenção corretiva e o horário de trabalho do Departamento de Manutenção

O objetivo principal desta análise foi perceber qual a percentagem de registos de paragens relativas a manutenção corretiva que acontecem fora do horário de trabalho do Departamento de Manutenção e verificar se esta tem um valor significativo.

Esta análise é importante, visto que o horário do departamento é apenas um terço do horário de trabalho das máquinas. O gráfico da Figura 34 mostra que um em cada três registos (Anexo H) é realizado fora do horário do Departamento de Manutenção, sendo este um valor considerável. Quando isto acontece, é necessário esperar até ao início do turno do Departamento de Manutenção, para que estes possam agir.

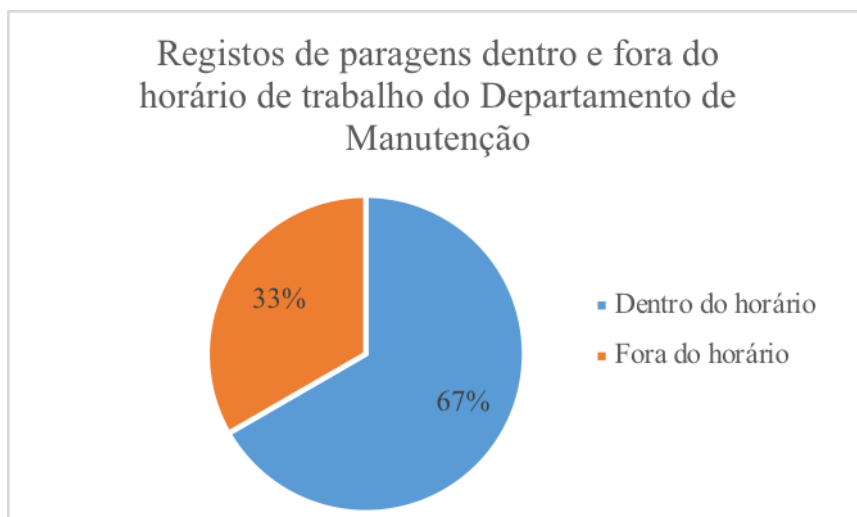


Figura 34 - Registos de paragens dentro e fora do horário de trabalho do Departamento de Manutenção

2. Controlo de qualidade

Como já foi referido na Tabela 3, é necessário os trabalhadores realizarem controlos de qualidade para cada referência. Durante este controlo, a máquina está parada, começando a trabalhar novamente se a peça estiver em conformidade com as especificações. É de referir que não é possível ter uma ideia do tempo perdido neste controlo, pois não há qualquer registo no caso de a peça não estar conforme os requisitos. Assim, é impossível compreender se este processo é realizado dentro do tempo estipulado ou se o ultrapassa e quantas vezes é realizado, não havendo conhecimento acerca dos gastos de matéria-prima e recursos envolvidos.

3. Outras paragens

Para além das já mencionadas (manutenção e controlo de qualidade), foram identificadas outras causas para a ocorrência de paragens das máquinas. Estas paragens podem ocorrer devido ao não cumprimento do procedimento da Tabela 3, alterando a ordem de realização das tarefas, à procura de ferramentas no posto de trabalho, ao transporte de material para outros setores, à mudança de programa que por vezes é um processo lento e complicado, entre outras.

4 Soluções propostas

Após a identificação de problemas e oportunidades de melhoria no setor de trabalho Corte LASER 2D, foram elaboradas diversas propostas de melhoria, algumas das quais foram implementadas durante a realização do projeto, enquanto outras apenas ficaram pelo nível conceptual.

Neste capítulo, são descritas as melhorias propostas, para as quais as ferramentas *Lean* foram cruciais e serviram de base, tendo sempre em vista a otimização do setor em questão.

4.1 Posto de trabalho

Inicialmente, através de observação visual, verificou-se que o computador do posto de trabalho se encontrava numa estrutura inadequada, que provocava uma elevada instabilidade e insegurança, sendo também propícia à sujidade. Concluiu-se também, que existia uma utilização errada do espaço e um incorreto posicionamento da estrutura em relação à máquina.

Por forma a averiguar a opinião dos operadores, realizou-se um questionário aos 12 trabalhadores dos dias úteis do setor CL2D, verificando-se que a maioria concorda com o que tinha sido observado, concluindo-se, assim, que seria necessário apresentar uma solução para este problema.

Neste sentido, foram estudadas alternativas e ideias para esta estrutura, com vista à resolução do problema. Em primeiro lugar, procurou-se no mercado uma solução já existente que corrigisse o máximo de necessidades identificadas, avaliando-se também o seu orçamento. A primeira ideia considerada foi observada no catálogo da empresa alemã Hoffmann e pode ser observada na Figura 35.



Figura 35 - Posto de trabalho do Catálogo Hoffmann (Hoffmann Group).

A solução apresentada pela Hoffmann, apesar de resolver a maioria dos problemas, não resolve todos. Este conceito é estruturalmente idêntico ao já existente, mas, ao contrário deste, contempla uma estrutura que impede a cablagem solta, protege mais o ecrã e não é tão frágil, aumentando assim a segurança na sua utilização. Além disso, proporciona uma limpeza mais simples da estrutura. Contudo, continua a causar uma utilização incorreta do espaço, na medida em que ocupa uma grande área, sendo difícil de colocar a estrutura o mais perto possível da máquina. O orçamento da Hoffmann para esta estrutura é de 1014€.

Assim, optou-se por procurar outro género de soluções no mercado, as quais permitissem que o computador ficasse suspenso e que permitisse a rotação do ecrã, de forma a aproveitar o espaço da melhor forma. O principal objetivo era que o computador ficasse junto à máquina, sem nunca esquecer todas as outras necessidades. Assim, a solução encontrada, que mais se aproximou ao pretendido, pertence ao catálogo da marca alemã Rittal, e está representada na Figura 36. Esta apresenta ainda a vantagem de não necessitar nem de rato, nem de teclado.



Figura 36 - Posto de trabalho do Catálogo da Rittal (Rittal 2018).

Após a escolha do conceito a implementar, pediu-se o seu orçamento à Rittal, presente no Anexo L, cujo valor seria de 1391,72€ por posto de trabalho. Como a Quantal S.A. deseja e tem possibilidades de realizar o produto internamente, desenhou-se com recurso ao *solidworks* um modelo inspirado no modelo da Rittal para, deste modo, se poder comparar os orçamentos e decidir se a estrutura seria produzida na empresa ou se esta seria adquirida diretamente do fabricante Rittal, este pode ser observado na Figura 37.

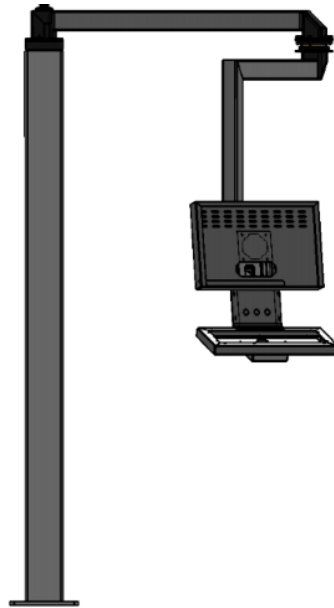


Figura 37- Projeto do posto de trabalho realizado em *solidworks*.

O desenho de conjunto pode ser observado no Anexo M. É de realçar que os desenhos dos constituintes do posto de trabalho não se encontram presentes em anexo por questões de confidencialidade com a empresa.

Após o projeto estar concluído, foi realizado um estudo do orçamento, através da análise de referências internas, sendo que o orçamento para a produção da estrutura na empresa seria de 804.76€. O orçamento encontra-se discriminado no Anexo N.

Após a análise e comparação entre as duas opções, optou-se por realizar este projeto na empresa Quantal S.A. Os motivos para esta decisão tiveram em conta os custos (relação preço/qualidade), mas também opções internas da empresa. Na construção deste projeto foi necessário recorrer a diversos processos de fabrico sendo eles, o Corte LASER (2D e 3D), soldadura, torneamento, quinagem e processos de ferramentaria (furar, roscar e serrotar). As peças que precisaram de processos como maquinação (exceção do torneamento), nitruração e zincagem foram, por razões internas, subcontratadas.

Após a sua produção este foi implementado, estando representado na Figura 38. Esta solução apresenta um teclado resistente e um rato incorporado (*trackpad*). Relativamente à cor escolhida para a estrutura, optou-se pelo branco, pois além do bom aspeto estético, esta cor permite a identificação de sujidade facilmente, ao contrário do que acontecia inicialmente.



Figura 38 - Novo posto de trabalho.

4.2 Registo de Atividade

No seguimento dos problemas expostos no capítulo 3, é de referir que, de todas as paragens, apenas aquelas referentes à manutenção preventiva e corretiva eram registadas, ignorando-se assim qualquer outro tipo de paragem. Tal era realizado pelos trabalhadores (operadores e Departamento de Manutenção), não sendo, por isso, um processo automático. Desta forma, os dados registados encontravam-se incompletos devido ao facto de os registos nem sempre serem efetuados. Por outro lado, como não existia nenhum controlo sobre este processo, é impossível saber se não há registos, pelo facto de as tarefas não serem realizadas, ou se estas são realizadas e simplesmente não são registadas.

A falta de conhecimento acerca das máquinas na empresa, nomeadamente qual a sua disponibilidade real e quais as causas das suas paragens, impede que se tirem conclusões sobre a eficiência dos trabalhadores, do Departamento de Manutenção, das próprias máquinas e de muitos outros dados que seriam relevantes. Neste sentido, foram avaliadas soluções existentes no mercado para combater as necessidades em causa. Os objetivos desta pesquisa passaram por encontrar um sistema que incorporasse um *software* de registo de informação, o qual permitisse que esta ficasse registada para poder ser analisada mais tarde, de forma a tirarem-se conclusões e encontrarem-se padrões que permitam a posterior realização de

estudos e melhorias. Para além disso, era importante que a solução escolhida incluísse um sistema de sinalização com várias opções/estados, em contraste com aquele existente na empresa que transmitia apenas um. No seguimento deste objetivo, ponderou-se a utilização de sinalização auditiva, no entanto, tendo em conta o ruído presente na fábrica, optou-se apenas pela sinalização visual.

4.2.1 Escolha do sistema

Foram analisadas diversas opções, sendo a primeira pertencente à empresa alemã Rittal, na qual a Quantal S.A. se inspirou para realizar o posto de trabalho referido no capítulo 4.1. Apesar desta empresa apresentar uma solução que possui um *software* interligado com o sistema de monitorização, este não permite guardar os registos e, sendo assim, não se optou por esta solução.

De seguida, analisou-se outro conceito, pertencente à empresa WERMA, o qual foi o escolhido para implementação. O sistema de monitorização chama-se *Wireless Information Network* (WIN) e é constituído por uma torre de sinalização visual, também conhecida como *Andon* referida no capítulo 2, com tecnologia *wireless* e um *software* informático de registo de dados.(WERMA 2017/2018)

Esta solução destacou-se devido às suas inúmeras vantagens. Através do catálogo da WERMA foi possível identificar algumas destas (WERMA 2017/2018):

- O *software* inerente ao sistema não necessita de licença e é fácil de instalar, não havendo restrições quanto ao número de usuários, sendo a sua utilização muito intuitiva;
- Possui um excelente alcance de transmissão: pode atingir os 900 m. A baixa frequência usada pelo sistema permite melhores características de transmissão comparativamente a outros sistemas, tais como WLAN e *Bluetooth*;
- Aumenta a eficiência da produção, pois é possível saber a produtividade de cada máquina em qualquer período, de forma a registar os tempos de inatividade das máquinas e os erros. Assim, é possível agir rapidamente no caso de ocorrência de falhas;
- Permite uma melhor compreensão da produção, visto que é possível estabelecer padrões temporais e de falhas;
- Proporciona uma boa visão dos trabalhos que já foram, estão a ser e serão realizados;
- Possibilita a transmissão de informação via *wireless*, não sendo necessária qualquer cablagem de ligação entre os emissores e o recetor. Além disso, a implementação deste sistema não implica qualquer alteração do *layout* da fábrica;

Esta solução apresenta um custo viável para a empresa, tendo em conta o sistema disponibilizado. Este foi um dos fatores mais importantes a ter em conta, apresentando um preço total de 3328€ para as 3 máquinas em funcionamento do setor CL2D. O valor de cada máquina encontra-se discriminado no Anexo O e é referente à torre de sinalização e respetivas condições, ao emissor, ao recetor, a duas bases de apoio e fixação e a equipamentos adicionais.

Relativamente ao funcionamento do sistema, é adicionado à torre de sinalização um emissor que transfere a informação via *wireless* para o recetor. Cada máquina está associada a uma torre e a um emissor. O recetor está ligado a um computador através de um cabo USB e pode receber informação de até 50 emissores, ou seja, 50 equipamentos/máquinas, sendo que cada emissor reporta um máximo de 8 condições diferentes por máquina. Assim, é apenas necessário um emissor.

As torres de sinalização são colocadas e fixadas no posto de trabalho, tal como é possível observar na Figura 39. Esta localização da torre permite que todos os cabos se mantenham dentro dos tubos do posto de trabalho e que a torre esteja num local elevado, sendo, por isso, facilmente visível para todos.



Figura 39 - Localização da torre de sinalização (esquerda). Torre de sinalização (direita)

4.2.2 Identificação e procedimento das diferentes condições

De modo a garantir o melhor funcionamento deste sistema, foi essencial identificar as diferentes condições das máquinas e o procedimento a executar em cada uma delas. Para tal, definiu-se o significado das diferentes cores e o respetivo funcionamento. Foi criado um novo cargo denominado por *Team Leader*, este é um cargo que não existia anteriormente e que consiste que, em cada turno, haja um trabalhador mais experiente, denominado por trabalhador sénior, responsável por ajudar numa primeira fase os outros operadores sempre que estes emitirem o pedido de ajuda, tal como será explicado mais à frente. Houve a necessidade de criar este cargo, pois os líderes de setor não estão presentes em todos os turnos e por isso há necessidade de o *Team Leader* ser um dos operadores.

Apesar de o sistema escolhido permitir a utilização de, até no máximo, 8 condições/cores possíveis para a torre de sinalização, serão utilizadas apenas 3, sendo elas:

1. Verde;
2. Amarelo;
3. Vermelho.

Cada uma destas cores está dependente de uma condição para estar ativa. De seguida, é explicado detalhadamente como funciona cada uma das 3 condições possíveis.

1. No caso de a máquina estar a funcionar sem qualquer problema, a torre de sinalização tem a luz verde acesa e o *software* regista que a máquina está a trabalhar.

Este primeiro sinal depende apenas da situação da máquina, no entanto, os outros sinais funcionam através do uso de chaves. Estas estão inseridas no posto de trabalho implementado no capítulo 4.1 e podem ser analisadas em detalhe na Figura 40.



Figura 40 - Conjunto de chaves de apoio ao sistema de sinalização.

2. Quando a máquina apresenta o sinal de erro, anteriormente demonstrado na Figura 32, o operador deve chamar de imediato o *Team Leader* rodando a segunda chave (com o sinal amarelo) presente na Figura 40 e, na torre de sinalização acende-se a luz amarela que simboliza o pedido de ajuda do operador. No caso de ser o *Team Leader* a ter algum problema, este passo não se aplica.
3. Quando observa a luz amarela, o *Team Leader* desloca-se à máquina do operador que acionou o pedido de ajuda. Não há nenhum outro sinal que avise o *Team Leader*, isto porque as máquinas encontram-se muito próximas e o sinalizador está num local alto, sendo fácil a sua visualização. Durante o dia, o líder do setor ajuda nesta observação. O *Team Leader* quando chega ao local onde foi pedida ajuda, volta com a chave amarela à sua posição inicial mostrando a sua presença. Além disso, este deve rodar a chave da esquerda (com o sinal vermelho) presente na Figura 40, acendendo na torre de sinalização a cor vermelha. Quando isto acontece, o Departamento de Manutenção é chamado a corrigir o problema. Apenas o *Team Leader* tem acesso a esta segunda chave, os outros operadores não têm.
4. O Departamento de Manutenção recebe, via correio eletrónico ou mensagem de telemóvel, o aviso de que é chamado a agir. Quando a Manutenção tem que agir, esta roda a terceira chave, com sinal branco na Figura 40, que simboliza a sua chegada. Além disso, roda a chave vermelha (acionada pelo *Team Leader*) para a posição inicial. Na torre de sinalização esta etapa não terá cor, no entanto a presença da Manutenção é registada no *software* do sistema. Apenas o Departamento de Manutenção tem acesso a esta terceira chave. Quando a Manutenção resolve o problema e a máquina volta a funcionar corretamente, esta retira a chave e volta a ligar-se a luz verde, sinónimo de que a máquina está a trabalhar sem qualquer problema.

Devido à implementação deste sistema de sinalização e de forma a facilitar a realização do procedimento de atuação em caso de ocorrência de erros/avarias nas máquinas para todos os intervenientes, foi realizada a uniformização deste método. Assim, criou-se um fluxograma com as etapas de decisão e a esquematização da sequência de ações. Este documento estará presente junto dos intervenientes e pode ser observado no Anexo P. Aquando da sua realização, o documento foi apresentado e explicado a todos os intervenientes em diferentes formações.

Para todo este procedimento funcionar, foi necessário equipamento adicional, como chaves, temporizadores, tomadas, calhas e outros materiais que ajudam na fixação, suporte e funcionamento de todo o sistema. No Anexo O encontra-se também o orçamento de todos estes equipamentos adicionais.

É de realçar que os temporizadores necessários são essenciais na leitura dos resultados. Isto porque, o sistema só considera que a máquina está a trabalhar quando esta está a cortar. Na troca de mesas, transição do LASER e outras atividades, o LASER não está a cortar, mas a máquina está a trabalhar, pelo que estas paragens não têm interesse de avaliação. Assim, com a existência do temporizador em modo *off-delay*, essas tarefas não são registadas, facilitando a leitura dos sinais que o sistema transmite. O tempo do *off-delay* foi, inicialmente, de 1 minuto. No entanto, ao longo do tempo e com a análise dos dados este tempo vai sendo aperfeiçoado, de forma a ser estabelecido o tempo ideal.

4.2.3 Indicadores

De forma a retirar informações ou conclusões dos dados do sistema implementado, criou-se uma lista de indicadores. Estes foram divididos em quatro grupos, sendo eles: os operadores; os *Team Leaders*; o Departamento de Manutenção e os equipamentos. Com o conhecimento destes indicadores vai ser possível retirar conclusões que ajudem no desenvolvimento do setor de CL2D, aumentando, assim, a sua eficiência. De seguida, apresentam-se os diversos indicadores separados por grupos.

1. Operador

- Comparar a eficiência dos operadores durante a semana e ao fim-de-semana. No caso de haver discrepâncias, estudar a razão, de forma a equilibrar os turnos;
- Analisar se o mesmo erro acontece repetidamente, de forma a garantir que os operadores não repetem o mesmo erro;
- Verificar se há diferença de produção/eficiência entre os turnos da noite e de dia e, caso seja necessário, equilibrar os turnos;
- Analisar se algum operador se destaca por apresentar mais erros/falhas. Neste caso, tentar compreender qual a razão para tal, como por exemplo, falta de experiência, ou desconhecimento de algum procedimento;
- Verificar se a manutenção preventiva é realizada e analisar se esta cumpre o tempo definido, 8 horas semanais por máquina;
- Analisar o que acontece no caso de nenhum sinalizador de ajuda (amarelo ou vermelho) ser ativado e a máquina não estar a trabalhar. Há diversas justificações para isto acontecer com base em tudo o que foi referido previamente, sendo elas: o operador abandonar o local de trabalho para realizar tarefas que não lhe competem ou que não devia ter que realizar (como a procura de ferramentas no posto de trabalho); o operador não cumprir o regulamento, ou seja, chamar o *Team Leader* ou a Manutenção sem rodar qualquer chave, não ficando registado assim os pedidos de ajuda; o tempo perdido na preparação do

programa da nova peça e ainda o tempo de controlo de qualidade das peças por parte do operador serem elevados.

- Controlar o cumprimento do protocolo.

2. Equipamento

- Analisar se o mesmo erro acontece repetidamente, de forma a evitar que os erros se repitam;
- Analisar se algum equipamento se destaca por apresentar mais erros/falhas. Neste caso, tentar compreender qual a razão para tal, como por exemplo, possibilidade de fim de vida do equipamento.

3. *Team Leader*

- Comparar a produtividade do *Team Leader* com os restantes operadores. Isto porque este tem que se ausentar da sua máquina sempre que algum dos outros dois operadores ativa o pedido de ajuda.
- Controlar o cumprimento do protocolo;

4. Departamento de Manutenção

- Verificar se a manutenção preventiva é realizada e analisar se esta cumpre o tempo definido, 8 horas mensais por máquina;
- Analisar quantas vezes a presença da Manutenção fora do horário de trabalho desta é necessária, de modo a verificar se é necessário aumentar o horário de trabalho do Departamento;
- Controlar o cumprimento do protocolo.

Para o conhecimento de alguns destes indicadores é preciso um cruzamento de dados entre aqueles retirados do sistema de sinalização implementado (WIN da WERMA) e os fornecidos pelas ferramentas implementadas mais a frente.

4.2.4 Ferramentas implementadas

O sistema de sinalização da WERMA implementado anteriormente permite ter registos em tempo real da atividade de cada uma das máquinas. De forma a complementar estes registos, criaram-se diversos programas que permitem a obtenção de dados concretos e pormenorizados de todas as ações de manutenção. Pretendeu-se, também, renovar os planos de manutenção existentes. Assim, será possível otimizar os processos, aumentando a qualidade da manutenção preventiva e, consequentemente, diminuir as ações de manutenção corretiva.

1. Plano de manutenção

No capítulo 3 foi identificada a dificuldade que os operadores têm em cumprir com todos os objetivos relativos à manutenção preventiva. De acordo com os trabalhadores, o Plano de Manutenção existente não os esclarece em caso de dúvida sobre o que deve ser feito em cada tarefa, não informa a regularidade com que deve realizar cada objetivo e tem também o plano de Manutenção do Departamento de Manutenção e o Plano dos técnicos especializados, o que confunde os trabalhadores e, para eles, é informação desnecessária.

Devido a tudo isto, criou-se, no âmbito deste projeto, um novo Plano de Manutenção para cada máquina do setor CL2D onde cada tarefa estivesse explicada por etapas, com imagens das máquinas utilizadas na empresa e que facilitassem a execução de cada tarefa. Estes podem ser observados nos Anexos Q (Q1 e Q2). É de realçar que os Planos de Manutenção das máquinas *TruLASER 5030* e *Traumatic L3050* são idênticos e que, por isso, apenas se apresenta um deles nos anexos. Estes planos foram criados tendo por base o catálogo de cada máquina fornecido pelo fabricante *Trumpf* juntamente com os planos existentes anteriormente, com o objetivo de transmitir a informação aos operadores de modo mais eficiente. É de realçar que no posto de trabalho de cada máquina encontrar-se-á um exemplar do respetivo Plano de Manutenção.

Apesar da manutenção preventiva ocorrer durante um turno por semana, 8 horas semanais, para cada máquina, há tarefas que têm que ser executadas diariamente. Assim, as tarefas foram colocadas por ordem de frequência de realização, ou seja, diariamente, semanalmente e mensalmente. Foram analisadas todas as tarefas propostas e, a essa lista, acrescentaram-se algumas no sentido de melhorar o processo de manutenção preventiva, tais como, a limpeza da chapa de calibração do bico e a verificação das escovas. Algumas das atividades presentes nos Anexos Q (Q1 e Q2) são mais complexas e exigem maior detalhe na sua explicação, estas são a limpeza da lente de corte 2D no caso das máquinas *TruLASER 5030* e *Traumatic L3050*, e no caso da máquina *TruLASER 5030 Fiber* a limpeza do vidro de proteção.

Foi realizada também uma formação a nível interno para os trabalhadores do setor CL2D com o objetivo de introduzir os novos Planos de Manutenção, de forma aos trabalhadores os conhecerem e saberem a informação contida nestes. A formação pretendeu explicar os objetivos que foram adicionados ao Plano e garantir que os trabalhadores conseguem realizar todos os objetivos a cumprir na manutenção preventiva. É de realçar que a formação foi dirigida pelo Engenheiro Carlos Furtado, orientador do projeto na empresa.

Assim, pretende-se otimizar a Manutenção Preventiva com o objetivo de reduzir a necessidade de Manutenção Corretiva constatada no capítulo 3.

2. Registos de Manutenção

No capítulo 3, estudaram-se os diferentes tipos de manutenção e os responsáveis pela realização de cada um deles, tendo-se constatado que esta atividade pode ser dividida em três grupos:

1. Manutenção preventiva realizada pelo operador;
2. Manutenção corretiva realizada pelo Departamento de Manutenção;
3. Manutenção preventiva realizada pelo Departamento de Manutenção.

Para cada um destes casos havia falhas de informação que se pretendem combater. Para tal criou-se, no âmbito deste projeto, um conjunto de programas no *Windows Excel*, utilizando a ferramenta de código VBA.

É de realçar que, para todos os programas referidos de seguida, foi realizada uma formação com os respetivos intervenientes, sendo eles, os operadores, o *Team Leader* e o Departamento de Manutenção, para que estes consigam utilizar os programas corretamente.

É importante esclarecer que estes programas funcionarão em simultâneo com o sistema de sinalização da WERMA e com o procedimento exposto no capítulo 4.2.2.

1. Manutenção preventiva realizada pelo operador

No estudo do capítulo 3 compreendeu-se que os operadores tinham uma grande dificuldade em cumprir todos os pontos presentes no plano de manutenção existente até à altura. Assim, optou-se por criar um novo Plano de Manutenção para cada máquina do setor CL2D com o objetivo de ajudar os operadores na realização da manutenção preventiva. No entanto, não existem quaisquer dados que permitam saber se o operador realizou com sucesso, ou não, cada umas das tarefas presentes no Plano de manutenção. Logo, é impossível melhorar o processo e ajudar os operadores, de forma à manutenção preventiva ser realizada o mais próximo da perfeição possível.

Por conseguinte, criou-se um programa denominado por “Registo_Preventiva”, com o aspeto da Figura 41, cuja utilização é explicada em detalhe no Anexo R1. O programa permite aos operadores preencherem, para cada ponto do Plano de Manutenção, se o realizaram com sucesso, escolhendo, assim, a opção “Sim”, ou se estes não conseguiram realizá-lo, escolhendo, neste caso, a opção “Não”.

Registo de Manutenção Preventiva

Registo de Manutenção Preventiva 5030

1. Esvaziar o carro de detritos
2. Limpar lente de corte
3. Limpeza (carris, foles, escórias, canal de aspiração, chapas de calibração e escovas)
4. Controlar depósito coletor de pó e escórias
5. Substituição dos filtros de chiller
6. Verificação dos níveis da água nos tanques
7. Tubo de aspiração

Observações:

Registrar

Figura 41 - Apresentação do programa “Registo_Preventiva”.

O programa deve ser capaz de cumprir com as seguintes funções:

- O programa é de preenchimento obrigatório, por isso, sempre que o operador realiza manutenção preventiva, o programa deve aparecer sob a forma de um *pop-up* quando o operador regista “Paragem Manutenção Preventiva”, demonstrado no Anexo G;
- Os campos “Sim” e “Não” são sempre campos de preenchimento obrigatório;
- Os campos “Sim” e “Não” estão bloqueados, não sendo, assim, possível acrescentar nada a este campo;
- No caso de o operador preencher um campo com a resposta “Não”, é obrigatório o preenchimento do campo “Observações”.

Os resultados do programa criado devem ser analisados pelo Departamento de Manutenção com o propósito de ajudar os operadores e conseguir controlar a realização deste tipo de manutenção, objetivo que, até à data, era impossível. O departamento deve perceber as dúvidas e dificuldades dos operadores, de forma a aperfeiçoar todo o processo, melhorando substancialmente os resultados de manutenção preventiva e, consequentemente, diminuindo as operações de manutenção corretiva.

2. Manutenção corretiva realizada pelo Departamento de Manutenção

Relativamente à manutenção corretiva foram detetadas, no capítulo 3, diversas falhas nos procedimentos utilizados, tais como:

- No procedimento existente era impossível saber as causas que levaram à necessidade de manutenção corretiva, devido a tudo o que foi explicado no capítulo 3;
- Muitas vezes os registos não eram executados, pois o problema era resolvido na mesma, ou seja, mesmo que nada fosse preenchido o Departamento de Manutenção atuava e resolvia o erro;
- Não existia controlo sobre o preenchimento do registo de avaria.

No sentido de obter um controlo sobre o processo de manutenção corretiva e de adquirir registos desta, foi estabelecido o processo explicado de seguida. Assim que o operador se apercebe que existe um erro no equipamento, quer pelo aviso de erro, quer por experiência, deve comunicá-lo de imediato ao *Team Leader* (rodando a chave com sinal amarelo da Figura 40). O operador do equipamento que teve o problema deve em seguida ajudar os outros dois operadores do setor CL2D. O *Team Leader* tem a obrigação de fazer a ponte/ligação entre os operadores e o Departamento de Manutenção, sendo este último o responsável pela realização da manutenção corretiva. Assim, de forma a alertar o departamento do problema, além de rodar a chave (com o sinal vermelho representada na Figura 40), o *Team Leader* deve preencher o programa criado e denominado por “Registo_Avaria” que facilita esta ação. O programa que tem o aspeto da Figura 42 encontra-se explicado em detalhe no Anexo R2. Trata-se de um programa simples, realizado em sintonia com todos os seus intervenientes e com a informação necessária para o Departamento de Manutenção poder agir da melhor maneira.

A imagem mostra a interface de um formulário web intitulado "Registo de Avaria". O formulário possui um fundo cinza claro. No topo, o título "Registo de Avaria" está em negrito. Abaixo dele, há três campos de seleção com setas para baixo: "Sector:", "Máquina:" e "Estado da máquina:". Abaixo desses campos, há um campo de texto rotulado "Observações:" que ocupa uma área retangular vazia. Na base do formulário, há dois botões: "Cancelar" e "Registrar".

Figura 42 - Apresentação do programa “Registo_Avaria”.

O programa deve ser capaz de cumprir com as seguintes funções:

- Todos os campos têm que ser obrigatoriamente preenchidos, não sendo possível deixar campos em branco;
- O programa não permite que os *Team Leaders* tenham acesso a informação presente no *Excel*;

- Não é possível adicionar, na realização do programa, qualquer alteração às hipóteses existentes;
- O programa está feito, de forma a ser fácil acrescentar setores, máquinas e *e-mails*;
- O programa permite que, assim que se clique no botão “Registrar”, se envie um *e-mail* automático para o Departamento de Manutenção, não sendo necessário que o *Team Leader* tenha essa preocupação e garantindo que o departamento recebe instantaneamente o pedido de ajuda;
- A data é registada automaticamente assim que o programa é iniciado;
- O programa gera um código automático para cada pedido.

Após receber o registo de avaria, o Departamento de Manutenção deve, o mais rapidamente possível, proceder à resolução do problema. De seguida, deve registar a sua intervenção, sendo que para isso, se criou um programa denominado “Manutenção” (botão “Registo de Intervenção”) que facilitasse esta ação. Este tem o aspeto da Figura 43 e a sua utilização é explicada em detalhe no Anexo R3 (opção 2). O grande objetivo do programa é a possibilidade do Departamento de Manutenção poder escrever sobre a razão pela qual foi necessária a sua intervenção, ou seja, razão pela qual foi necessária manutenção corretiva. O departamento deve colocar em que estado se encontra a máquina após a sua intervenção e escrever de forma simplificada, mas exata, qual foi o erro que ocorreu, a causa desse erro e qual foi a resolução do problema.

A imagem mostra uma janela de software intitulada "Registo de Intervenção". O formulário contém os seguintes campos:

- Código:** Um campo de texto com um ícone de lupa à esquerda.
- Máquina:** Um campo de texto.
- Estado:** Um campo de texto.
- Obs:** Um campo de texto grande para observações.
- Novo estado:** Um menu suspenso.
- Erro:** Um campo de texto.
- Causa:** Um campo de texto.
- Resolução:** Um campo de texto.
- Registrar:** Um botão no canto inferior direito.

Figura 43 - Apresentação do programa “Registo_Intervencao”.

O programa deve ser capaz de cumprir com as seguintes funções:

- Todos os campos têm que ser obrigatoriamente preenchidos, não sendo possível deixar campos em branco;
- Ao colocar o código do programa “Registo_Avaria”, os dados “Máquina”, “Estado” e “Observações” têm que aparecer automaticamente;
- É de notar que o campo “Código” tem que ser preenchido por um código existente;
- Não é possível adicionar, na realização do programa, qualquer alteração às hipóteses existentes;
- A data é registada automaticamente assim que o programa é terminado;

- O registo é guardado juntamente ao código que foi preenchido.

Com a introdução deste programa, passa a ser possível saber ao pormenor qual foi o erro, a causa e a resolução para cada necessidade de manutenção corretiva. Tal é possível dado que esta tarefa foi agora atribuída a quem mais conhecimento possui sobre as máquinas e quem resolve os problemas, o Departamento de Manutenção.

Com todos estes registos a manutenção é obrigada a atuar apenas quando recebe um registo proveniente do *Team Leader*, sendo que sem este, o departamento está proibido de atuar. Isto porque a manutenção para preencher o seu documento precisa de inserir um código do programa enviado pelo *Team Leader* para o problema registado por este. Esta situação é, também, fácil de verificar e controlar, pois ambos os registos guardam de forma automática a data e hora da sua realização.

Com este programa os registos dos *Team Leaders* passam a estar ligados aos registos da manutenção, isto porque, para uma dada avaria, há apenas um código. Tal facilita a leitura na base de dados.

3. Manutenção preventiva realizada pelo Departamento de Manutenção

O Departamento de Manutenção é, também responsável pela realização de manutenção preventiva, no entanto, no capítulo 3 percebeu-se que estes nem sempre a realizam, nem a registam. Assim, de forma a controlar se esta é realizada, criou-se no programa “Manutenção” o botão “Pedido Interno” que facilitasse esta ação. Este tem o aspeto da Figura 44 e a sua utilização é explicada em detalhe no Anexo R3.

Figura 44 - Apresentação do programa “Pedido_Interno”.

Para responder a este pedido interno, a própria Manutenção quando realizar a manutenção preventiva, deve preencher o programa explicado anteriormente denominado por “Registo de Intervenção”.

O programa deve ser capaz de cumprir com as seguintes funções:

- Todos os campos têm que ser obrigatoriamente preenchidos, não sendo possível deixar campos em branco;
- Não é possível adicionar, na realização do programa, qualquer alteração às hipóteses existentes;
- A data é registada automaticamente assim que o programa é iniciado;
- O programa gera um código automático para cada pedido.

É de realçar que, todos os dados dos programas são organizados numa base de dados consoante os códigos gerados. As folhas de dados estão protegidas de modo a não ser possível apagar, substituir ou acrescentar dados na base. É apenas possível ao Departamento de Manutenção filtrar os dados e organizá-los por ordem de preferência.

Para completar os programas criados decidiu-se, juntamente com os intervenientes e o Engenheiro da empresa Carlos Furtado, orientador deste projeto, que todas as manhãs aquando do início do turno do Departamento de Manutenção (próximo das 8h30) houvesse uma reunião com o intuito de perceber os problemas de cada uma das 3 máquinas através dos registos de avaria enviados pelos *Team Leaders*, melhorando assim a comunicação entre todas as partes.

4.3 Resultados

A implementação das melhorias propostas introduziu inúmeros progressos na empresa. Tanto a criação do novo posto de trabalho, como a instalação do sistema de sinalização da WERMA e os programas que o complementam contribuíram para o desenvolvimento do setor de CL2D, no que diz respeito ao seu funcionamento e eficiência.

1. Posto de trabalho

O posto de trabalho criado teve um grande impacto no setor de CL2D. Para além de esteticamente ter um aspeto muito bom, é bastante mais acessível e de fácil utilização. Por outro lado, permite um correto aproveitamento do espaço e em termos de segurança, verificou-se que este é menos propício a acidentes e danos materiais.

Na Figura 45, é possível comparar o posto de trabalho antes e depois do projeto.



Figura 45 - Comparação entre o antigo posto de trabalho (lado esquerdo) e o novo (lado direito).

2. Registo de atividade

A instalação do sistema de sinalização da WERMA está diretamente relacionada com a construção do novo posto de trabalho. Como este último foi um processo demorado, a instalação do sistema ficou comprometida. Assim, numa fase inicial, não foi possível ter em funcionamento o procedimento elaborado no capítulo 4.2.2. No entanto, como todo o sistema já tinha sido pedido e entregue pela WERMA, instalou-se apenas o sinalizador da luz verde. Assim, no quadro elétrico de cada máquina foi instalado o sistema apenas com uma condição (luz verde) e o temporizador, tal como demonstrado na Figura 46.



Figura 46 - Sistema de sinalização da WERMA com o temporizador.

Com a implementação deste sistema, a obtenção de dados e informações dos equipamentos já não está dependente dos trabalhadores, nem suscetível a falhas humanas, sendo ainda de salientar que os registos obtidos com o sistema da WERMA não podem ser adulterados ou apagados.

O sistema instalado permitiu obter registos de quando cada máquina está, ou não, a trabalhar. Dado que, por razões alheias ao projeto, o sistema foi instalado já numa fase tardia da realização deste, após esta instalação apenas foi possível obter e analisar dados referentes a um período de 3 semanas.

Apesar de o sistema não estar completo, os objetivos principais definidos inicialmente, foram alcançados, sendo possível observar a situação das máquinas (*On e Off*) em tempo real como se vê na Figura 47.

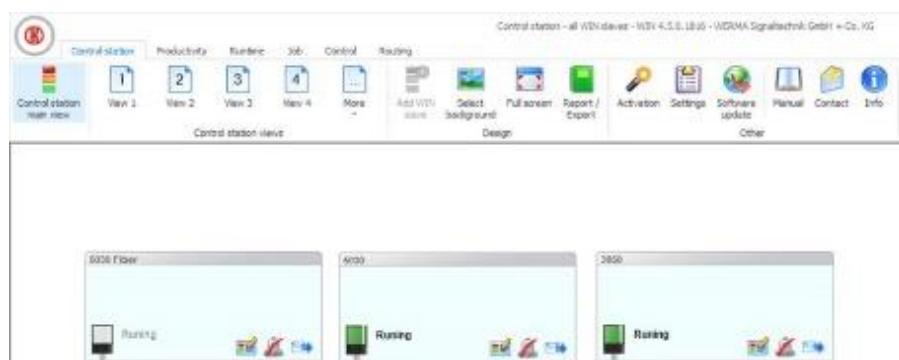


Figura 47 - Solução do *software* que permite ver em tempo real se uma máquina está, ou não, a trabalhar.

Para além disso, é também possível monitorizar as máquinas, analisando os registos de atividade destas (verde – máquina a funcionar; azul – máquina parada) num período de tempo à escolha, como demonstrado na Figura 48.

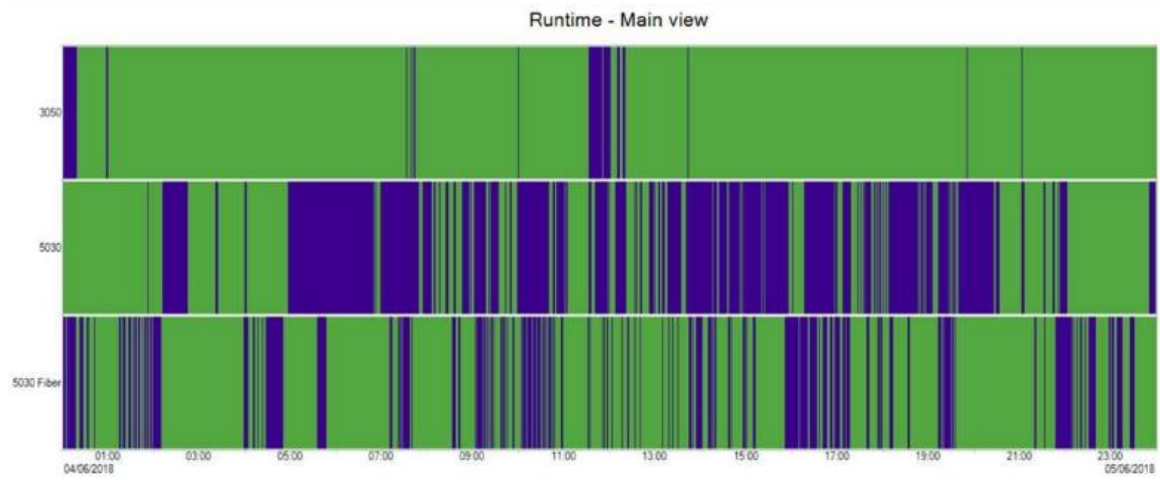


Figura 48 - Registos de atividade das máquinas num período de tempo à escolha.

Com base nos registos da Figura 48, o *software* calcula os valores da disponibilidade das máquinas, sendo o alcance desta informação um dos principais objetivos deste projeto. Na Figura 49 apresentam-se os gráficos retirados do sistema, nos quais é possível observar os valores da disponibilidade das máquinas no período de tempo analisado. É de realçar que, além dos sinais verdes e azuis explicados anteriormente, existe um sinal cinzento que significa erro de conexão, este está relacionado com a distância entre os emissores e o recetor que foi sendo alterada, de modo a este sinal desaparecer. Os sinais cinzentos são, no entanto, desprezáveis para o estudo realizado.

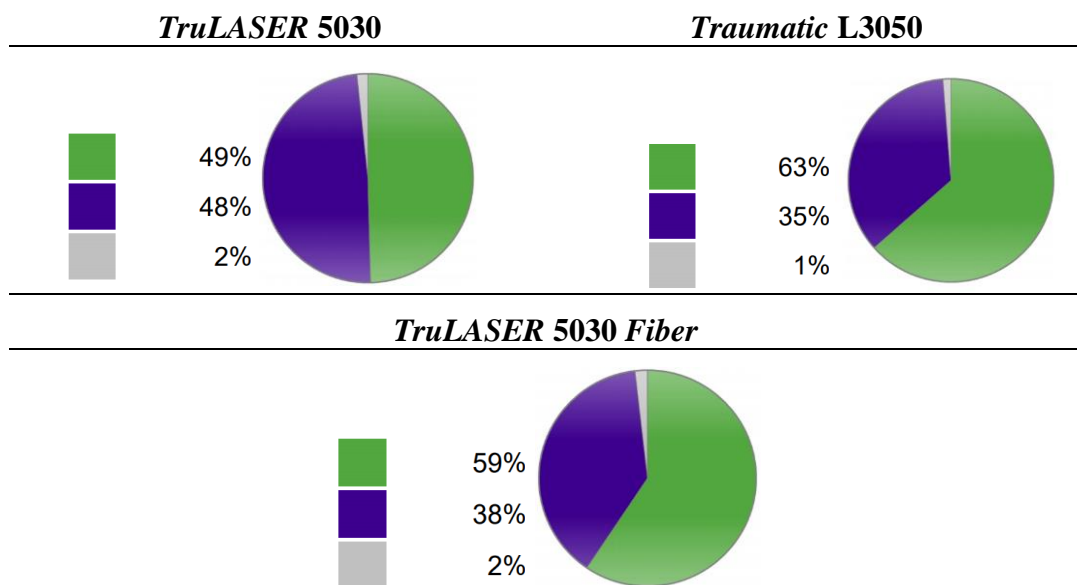


Figura 49 - Disponibilidade fornecida pelo *software* do sistema de sinalização.

Após a análise dos resultados obtidos (disponibilidade média de 57%) é possível concluir que, em média, a disponibilidade das máquinas é muito inferior aos 90% que o Departamento de Manutenção possuía inicialmente nos seus registos e que, apesar de superior, é um valor mais próximo da disponibilidade retirada das próprias máquinas (44%).

Os programas criados no *Excel*, por sua vez, tiveram apenas uma fase de testes, não tendo sido possível a extração de resultados, dado que a sua implementação foi apenas conseguida no fim do projeto. Ainda assim, é de prever que estes complementem o sistema da WERMA, dado que todas as paragens para manutenção registadas por este último irão ser justificadas pelos dados obtidos dos programas. Quando essa justificação não for registada, é possível identificar o trabalhador responsável por esta tarefa.

Dos indicadores criados no capítulo 4.2.3 para o estudo do comportamento das máquinas, foi possível analisar e obter resultados de alguns deles:

- Comparar a eficiência dos operadores durante a semana e ao fim-de-semana. No caso de haver discrepâncias estudar a razão, de forma a equilibrar os turnos;

Este indicador foi criado, pois a empresa tem algumas indicações que ao fim-de-semana as máquinas deste setor são mais produtivas, apresentando maiores valores de disponibilidade, do que durante a semana. No entanto, não tem resultados concretos. Para obter uma conclusão acerca disto, foram analisados os dados do *software* relativamente aos períodos de semana e de fim-de-semana. Através da análise realizada é possível verificar que, ao fim-de-semana, a disponibilidade das máquinas é superior ao dobro da disponibilidade destas durante a semana, como é visível na Tabela 7 e, em detalhe no Anexo S. Pelo que, este é um fator de estudo a ter em consideração pela empresa.

Tabela 7- Comparação dos valores de disponibilidade à semana e ao fim-de-semana.

Máquinas	Semana	Fim-de-semana
<i>TruLASER</i> 5030	35%	66%
<i>Traumatic</i> L3050	42%	86%
<i>TruLASER</i> 5030 <i>Fiber</i>	21%	84%

- Verificar se a manutenção preventiva é realizada e analisar se esta cumpre o tempo definido, 8 horas semanais por máquina;

Através dos registos de *software*, e sabendo quando cada máquina deve fazer manutenção preventiva, é possível verificar se esta foi feita e a sua duração. Para tal escolheu-se uma das máquinas no dia e hora que deveria estar a ser realizada manutenção preventiva, tal como representado na Figura 50. É possível observar na figura, que neste caso, a manutenção foi realizada, assim como a duração desta foi cumprida, dado que a máquina esteve parada (em *Off*) durante cerca de 8 horas. É de realçar que estes dados são completados pelo programa criado (Anexo R1) com carácter de preenchimento obrigatório sempre que se realiza este tipo de manutenção.

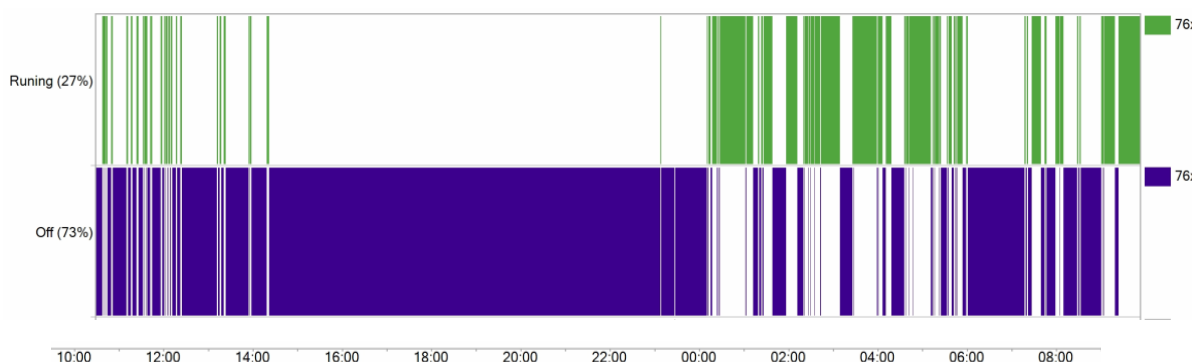


Figura 50 - Registo de atividade de uma das máquinas fornecido pelo *software*.

- Analisar se algum equipamento se destaca por apresentar mais erros/falhas. Neste caso, tentar compreender qual a razão para tal, como por exemplo, possibilidade de fim de vida do equipamento.

A análise deste indicador é fundamental para perceber o comportamento das máquinas e compará-los. Seguidamente, é importante analisar discrepâncias que possam existir entre elas, dado que é possível que estas tenham problemas ou que sejam usadas incorretamente. Através da análise dos gráficos da Figura 49, é possível constatar que, no período de tempo em que foi possível extrair resultados, as máquinas têm um valor de disponibilidade bastante próximo entre elas, no entanto a máquina *TruLASER 5030* apresenta um valor inferior às restantes.

É de salientar que os restantes indicadores explorados no capítulo 4.2.3 são possíveis de analisar ao detalhe aquando da utilização definitiva dos programas criados em 4.2.4.

5 Conclusões e Trabalhos Futuros

Neste capítulo são apresentadas as conclusões do projeto realizado na Quantal S.A., bem como algumas recomendações e sugestões para trabalhos futuros.

Os objetivos do projeto realizado passaram pela implementação de melhorias no setor de trabalho CL2D. Em relação ao primeiro objetivo específico, as metodologias *Lean* implementadas abrangeram o posto de trabalho, no que diz respeito aos 5S's, otimizando assim as condições de trabalho do setor, melhorando a segurança, limpeza e acessibilidade. No que diz respeito ao segundo objetivo específico, foi criada uma solução que permite a monitorização da atividade das máquinas. A análise e interpretação futura destes dados permitirá melhorar a eficiência das mesmas. O terceiro objetivo específico foi identificado ao longo do projeto e consistiu na criação de ferramentas informáticas que permitiram dar resposta ao sistema de sinalização e monitorização implementado e que possibilitam o maior envolvimento dos operadores e do Departamento de Manutenção.

Relativamente às metodologias *Lean* implementadas no posto de trabalho, estas tiveram por base os questionários realizados aos operadores, assim como a observação dos postos de trabalho, tal como descrito no capítulo 3. Este objetivo foi totalmente conseguido com a criação de um novo posto de trabalho projetado e realizado na empresa após a consulta de diferentes soluções existentes no mercado (capítulo 4).

Em relação ao objetivo específico 2, referente à implementação de um sistema de sinalização e monitorização com *software* integrado, foi possível implementá-lo, não estando, no entanto, ativas todas as suas funcionalidades (condição amarela e vermelha). Tal como descrito no capítulo 4 o procedimento de atuação em caso de ocorrência de erros/avarias nas máquinas (Anexo P) já foi explicado a todos os colaboradores estando em implementação. Através das funcionalidades do sistema que se encontram ativas (luz verde) foi possível recolher e analisar dados que demonstram a importância deste sistema integrado na eficiência do setor, como seja a análise da disponibilidade das máquinas que, após este registo, se verificou, em resultados preliminares, que ronda os 57% e não os 90% iniciais registados manualmente.

Após a implementação do segundo objetivo, percebeu-se que, mesmo com o sistema de sinalização implementado e com o *software* que este disponibiliza, seria na mesma difícil conhecer os motivos de paragem da máquina, pelo que se criaram um conjunto de programas que permitem registar toda a atividade relativa à manutenção. Complementado desta forma, os registos do *software* do sistema de sinalização e monitorização.

Apesar do trabalho desenvolvido, não houve tempo suficiente para tirar o máximo de conclusões das ferramentas criadas e implementadas, isto porque, estas foram realizadas de raiz, deste modo, o maior resultado foi a sua própria implementação.

Após a conclusão deste projeto existe espaço de melhoria para um estudo mais alargado e aprofundado, apresentando-se algumas perspetivas de trabalho futuro como complemento ao projeto realizado.

No futuro propõe-se a expansão do sistema de sinalização da WERMA, a alteração dos postos de trabalho e o alargamento dos programas criados para todos os setores da fábrica. Propõe-se também um estudo de todos os dados que são agora fornecidos pelas diferentes ferramentas.

De forma a completar o projeto desenvolvido, propõe-se também a criação de programas, ou outras ferramentas, capazes de registar paragens das máquinas relativas a atividades que não estejam relacionadas com a manutenção, como paragens para controlo de qualidade, entre outras, complementando desta forma, os dados provenientes do *software* do sistema de sinalização da WERMA.

Através do questionário efetuado aos operadores e da observação visual, verificou-se que não há um local seguro para os operadores deixarem os seus bens pessoais, pelo que 75% referem que os guardam com eles. Assim, seria necessário a Quantal S.A. garantir cacifos com chave para todos os trabalhadores em cada turno (os que existem não são em número suficiente).

Através da observação visual do setor, percebeu-se que os operadores não têm disponível sempre que necessário as ferramentas básicas para a realização do seu trabalho como, régua, fita métrica, etc. Aquando da realização do questionário comprovou-se que 67% dos operadores afirmam que é comum não ter disponíveis no posto de trabalho essas ferramentas, pelo que têm que se deslocar a outro local para as procurar. Quando questionados sobre a frequência deste acontecimento, a maioria (57%) afirmou que este ocorre 2 a 3 vezes por semana. Assim, seria necessário controlar e registar no início e fim de cada turno se todas as ferramentas estão disponíveis no posto de trabalho e se se encontram em bom estado de conservação.

Propõe-se também que sejam estudadas alternativas à mesa de trabalho existente, isto porque, a mesa atual é demasiado grande para as necessidades existentes, o que leva à colocação de objetos na mesa que não são necessários para a realização das tarefas. Para além disso, a mesa é muito pesada e não tem um sistema que facilite a sua movimentação e, por conseguinte há uma grande dificuldade a nível de limpeza e de utilização do espaço de trabalho.

A nível pessoal, o projeto desenvolvido em ambiente empresarial foi uma experiência muito importante, correspondendo às expectativas e aos objetivos traçados para esta dissertação, permitindo o contacto direto com uma realidade industrial e complementando as competências e atitudes adquiridas ao longo do curso. Através deste projeto foi possível consolidar e interligar conhecimentos de outras unidades curriculares realizadas ao longo do curso, como por exemplo: Programação de Computadores; Gestão da Qualidade Total; Gestão da Produção, entre outras.

Este projeto permitiu a análise de situações novas, a recolha de informação pertinente através de questionários e a utilização de metodologias *Lean* para a resolução de problemas, de forma a dar cumprimento aos objetivos propostos.

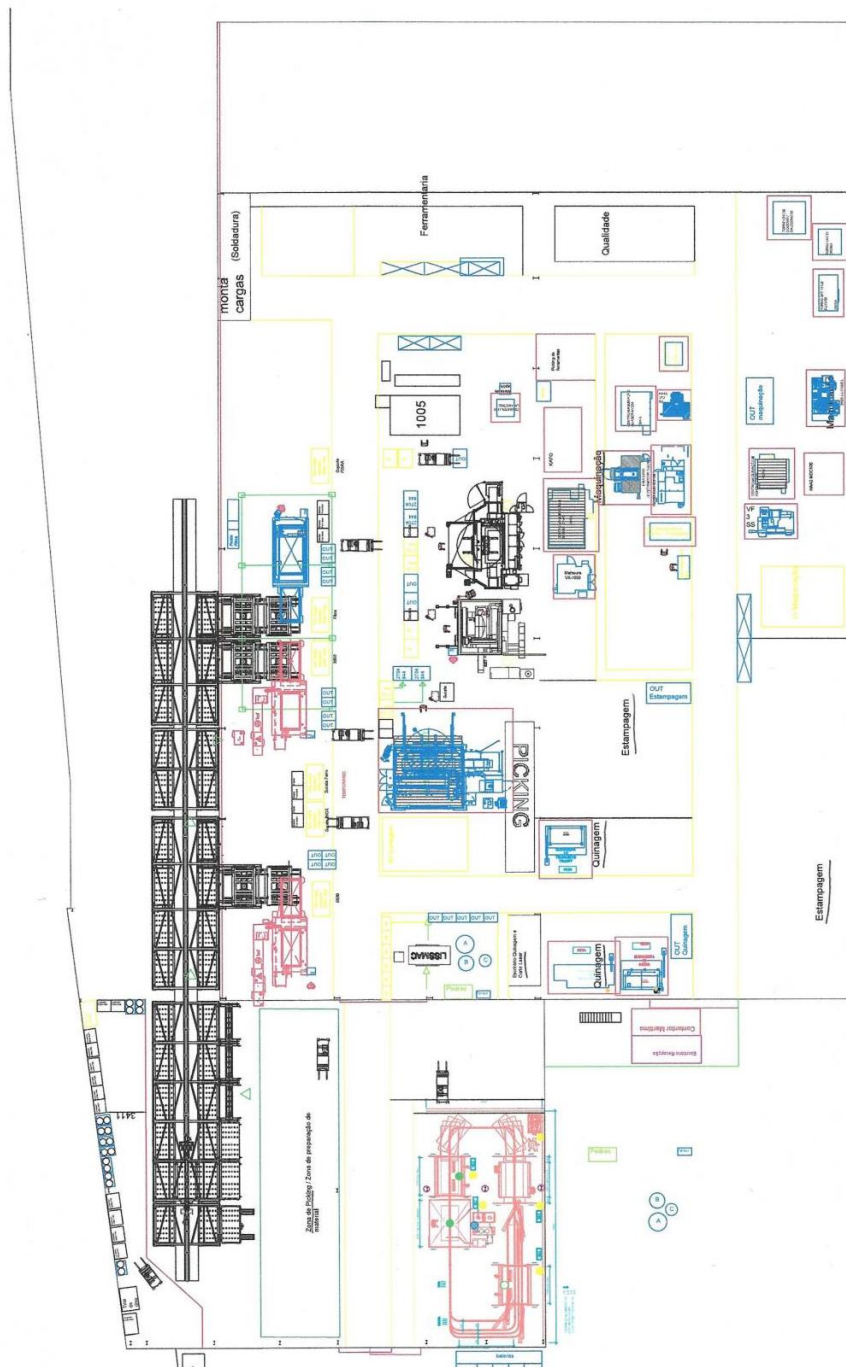
Referências

- Art of Lean, Inc. 2016. TOYOTA PRODUCTION SYSTEM BASIC HANDBOOK.
- Bayo-Moriones, Alberto, Alejandro Bello-Pintado, and Javier Merino-Díaz de Cerio. 2010. "5S use in manufacturing plants: contextual factors and impact on operating performance." *International Journal of Quality & Reliability Management* 27 (2):217-230.
- Borris, Steve. 2006. *Total Productive Maintenance: Proven Strategies and Techniques to Keep Equipment Running at Maximum Efficiency*: McGraw-Hill.
- Caristan, C.L. 2004. *Laser Cutting Guide for Manufacturing*: Society of Manufacturing Engineers.
- Citisystems. 2012. "Andon." accessed 5 Março 2018. <https://www.citisystems.com.br/andon/>.
- Deming, Williams Edwards. 1994. *The New Economics for Industry, Government, Education*: Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study.
- Dillon, Andrew P, and Shigeo Shingo. 1985. *A revolution in manufacturing: the SMED system*: CRC Press.
- Eaton, Mark. 2013. *The Lean Practitioner's Handbook*: Kogan Page.
- Grout, John R, and John S. Toussaint. 2010. "Mistake-proofing healthcare: Why stopping processes may be a good start." *Business Horizons* 53 (2):149-156.
- GUNZI, ARNALDO. 2015. "Os Três MU's." accessed 13 Março 2018. <https://ideiasesquecidas.com/2015/05/30/muri-mura-muda/>.
- Hirano, Hiroyuki. 1996. *5S for Operators: 5 Pillars of the Visual Workplace*: Taylor and Francis.
- Hoffmann Group. "Posto de Trabalho." accessed 2 Abril 2018. https://www.hoffmann-group.com/pdf/75/90017003_spa_es_ese_950955_950960.pdf.
- Imai, Masaaki. 2012. *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy*. 2 ed: McGraw-Hill.
- Ion, J. 2005. *Laser Processing of Engineering Materials: Principles, Procedure and Industrial Application*: Elsevier Science.
- Johansson, Pierre EC, Thomas Lezama, Lennart Malmsköld, Birgitta Sjögren, and Lena Moestam Ahlström. 2013. "Current State of Standardized Work in Automotive Industry in Sweden." *Procedia CIRP* 7:151-156.
- Kannatey-Asibu, E. 2009. *Principles of Laser Materials Processing*: Wiley.

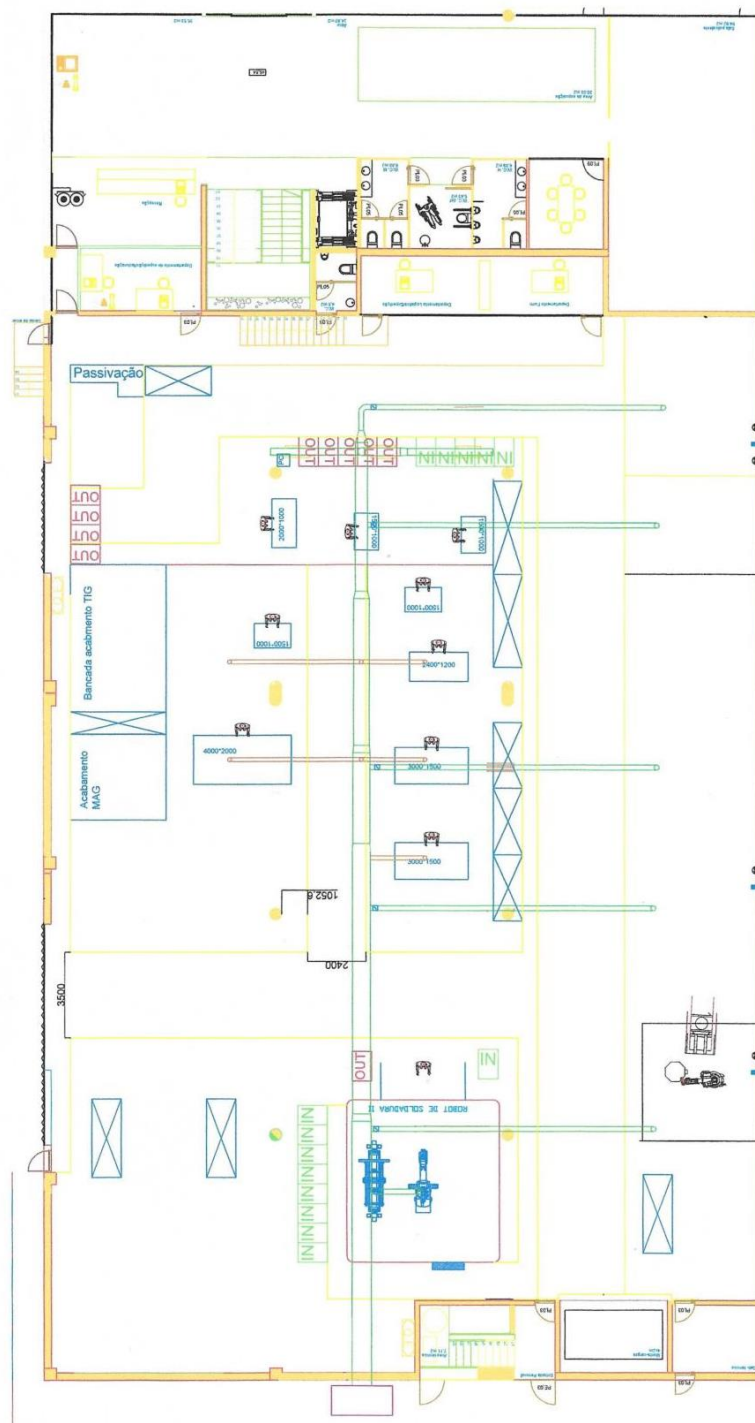
- LASER World. 2018. "Annual Laser Market Review & Forecast: Lasers enabling lasers." accessed 16 de Maio 2018. <https://www.laserfocusworld.com/articles/print/volume-54/issue-01/features/annual-laser-market-review-forecast-lasers-enabling-lasers.html>.
- Liker, Jeffrey K. 2003. *The Toyota Way : 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*: McGraw-Hill.
- Liker, Jeffrey K., and David Meier. 2006. *The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4P's*: McGraw-Hill.
- Moen, Ronald, and Clifford Norman. 2006. Evolution of the PDCA cycle.
- Nilsson, Johan, and David N Payne. 2011. "High-power fiber lasers." *Science* 332 (6032):921-922.
- Ohno, Taiichi. 1988. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*: CRC Press.
- Omogbai, Oleghe, and Konstantinos Salonitis. 2017. "The implementation of 5S lean tool using system dynamics approach." *Procedia CIRP* 60:380-385.
- Pereira, Ana, M Florentina Abreu, David Silva, Anabela C Alves, José A Oliveira, Isabel Lopes, and Manuel C Figueiredo. 2016. "Reconfigurable standardized work in a lean company—a case study." *Procedia CIRP* 52:239-244.
- Powell, J. 1993. *CO₂ Laser Cutting*: Laser Institute of America.
- Quantal Group. 2017. "Quantal Group." accessed 2 Março 2018. <https://quantalgroup.com/>.
- Rittal. 2018. "Sistema de braços articulados." accessed 5 Abril 2018. https://www.rittal.com/pt-pt/content/pt/unternehmen/presse/pressemeldungen/pressemeldung_detail_25730.jsp.
- Sarkar, Debashis. 2008. *5S for Service Organizations and Offices*: Pearson Education.
- Shingo, Shigeo. 1986. *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System*: CRC Press.
- Simboli, Alberto, Raffaella Taddeo, and Anna Morgante. 2014. "Value and Wastes in Manufacturing. An Overview and a New Perspective Based on Eco-Efficiency." *Administrative Sciences* 4 (3):173-191.
- Sokovic, M, D Pavletic, and K Kern Pipan. 2010. "Quality improvement methodologies—PDCA cycle, RADAR matrix, DMAIC and DFSS." *Journal of achievements in materials and manufacturing engineering* 43 (1):476-483.
- Stamatis, D.H. 2010. *The OEE Primer: Understanding Overall Equipment Effectiveness, Reliability, and Maintainability*: CRC Press.
- Steen, W.M., and K. Watkins. 2003. *Laser Material Processing*: Springer.
- Subramaniam, SK, SH Husin, RSS Singh, and AH Hamidon. 2009. "Production monitoring system for monitoring the industrial shop floor performance." *International journal of systems applications, engineering & development* 3 (1):28-35.
- Toyota Motor Corporation. 1995. "Automation with a human touch." accessed 4 Março 2018. http://www.toyotaglobal.com/company/vision_philosophy/toyota_production_system/jidoka.html.
- WERMA. 2017/2018. E-Catalogue 2017/2018 WERMA.
- Womack, James P., and Daniel T. Jones. 1996. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*: Free Press.

Womack, James P., Daniel T. Jones, and Daniel Roos. 1990. *The machine that changed the world*: Simon and Schuster.

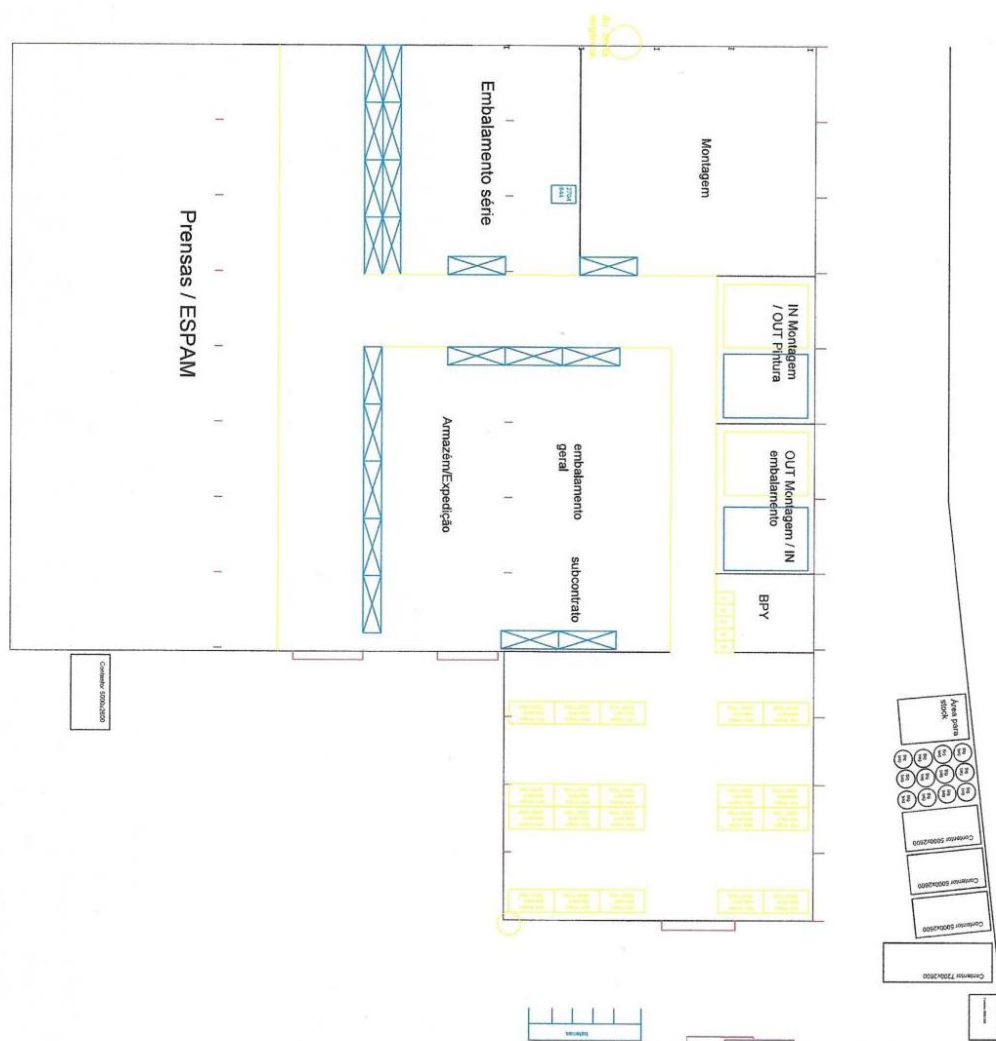
ANEXO A1: *Layout* do Pavilhão 1 Quantal S.A.




ANEXO A2: *Layout* da cave do Pavilhão 1 Quantal S.A.



ANEXO A3: *Layout* do Pavilhão 2 Quantal S.A.


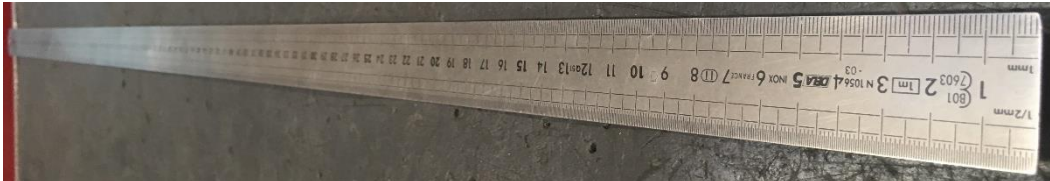






ANEXO B: Exemplo de uma Ordem de Fabrico

Ficha de Identificação do Produto				
 Quantal	ORDEM DE FABRICO 00424485	QUANTIDADE: 1,00	DATA ENTREGA: 03.11.2017	
Cliente: QTL Refª Peça: 707F96A0SDA CHAPA CHÃO 1/3 Prop. MP: QUANTAL Já Existe: Não ;				
			1ª Peça OK: <input type="checkbox"/> Tempos Val.: Não	
PL2 - PROGRAMAÇÃO LASER 2D		DST01-Software Tops 100 I		
Tempo: 5m	Oper. _____		Qtd. _____	
CL2 - CORTE		C2D05-Corte Laser 2D (Trumpf Fibra)		
Tempo: 8m	Oper. _____		Qtd. _____	
Ordem	Código	Qtd.	Un.	Descrição
1	MP.ST37.ADE.030500	0,15	Ch	ST-37 ANTIDERRAPANTE 3000x1500x5/7
Q - QUINAGEM		QQN02-Quinadora II (Adira 110t)		
Tempo: 14m	Oper. _____		Qtd. _____	
Observações / Registo do Fornecedor / Obs (Cliente) : A pedido de _____ / / Certificado Conformidade: Não				

IMP047-4

ANEXO C: Máquinas e ferramentas utilizadas no CL2D

Equipamentos Essenciais	
Paquímetro (Medições até 0.15 m)	
Régua (Medições entre 0.15-1 m)	
Fita métrica (Medições superiores a 1 m)	
Equipamentos secundários	
Lima de ponta redonda	
Lima chata	
Chave de fendas	

Alicate de
bico de
papagaio



Óculos de
proteção



Conjunto de
chaves
sextavada



Ponteiro



Rebarbadora



Vibradora



Granalhadora



Proteção
auditiva



ANEXO D: Questionário



QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE NECESSIDADES

INSTRUÇÕES DE PREENCHIMENTO

Colocar uma cruz na resposta que considerar correta.

FERRAMENTAS QUE SE ENCONTRAM NO POSTO DE TRABALHO (EX: RÉGUA E FITA MÉTRICA)

1. É comum não ter disponíveis no posto de trabalho as ferramentas que precisa e ter que se deslocar a outro local para as ir buscar? Sim ☐ Não ☐
2. Se sim, quantas vezes por semana acontece? 1x semana ☐ 2-3x semana ☐
>3x semana ☐

COMPUTADOR DE REGISTO DE OPERAÇÕES


1. Acha que o computador se encontra seguro e numa estrutura adequada ao posto de trabalho? Sim ☐ Não ☐
2. Já teve algum problema com a estrutura do computador (exemplo: tropeçar em cabos, desligar cabos sem querer, etc.)? Sim ☐ Não ☐
3. Existe falta de limpeza e organização da estrutura onde o computador está apoiado? Sim ☐ Não ☐

BENS PESSOAIS

1. Há algum local próprio para guardar os seus bens pessoais? Sim ☐ Não ☐
2. Em caso negativo, onde os guarda? Resposta:

MUITO OBRIGADA PELA SUA AJUDA!

ANEXO E: Valores fornecidos pelo Departamento de Manutenção sobre a disponibilidade das máquinas

**Quantal**SA

Indicadores LASER

2017

Máquinas Corte Laser2D	Manutenção Corretiva		Manutenção preventiva					
	Departamento da Manutenção (h)	Nº de intervenções do Dep. de Man.	Departamento da Manutenção (h)	Operadores (h)	Tempo gasto em manutenção (h)	Total de horas de trabalho (h)	Tempo efectivo (h)	Disponibilidade e de cada máquina
5030	1,133	37	34	191	1,358	7,644	6,286	82,23%
4030	709	36	23	190	922	7,644	6,722	87,93%
Fibra	444	24	38	120	602	7,644	7,042	92,12%
3050	686	28	31	368	1,085	7,644	6,559	85,81%
Média	743	31	32	217	992	7,644	6,652	87,03%

ANEXO F: Dados retirados sobre a disponibilidade de cada uma das máquinas

TruLaser 5030 Fiber

Raio on	24.08.2007		h	35438	h	
Laser on	24.08.2007		h	78212	h	
efetuar troca do gás	30.04.2018	0	h	0	h	
Troca do óleo bomba a vacuo	30.04.2018	0	h	0	h	
Nível da água	23.05.2017	100	h	8209	h	
Condutividade	16.10.2014	0	h	0	h	
Ânodo sacrifical / cátodo colector	30.10.2015	4380	h	21913	h	
Troca da água	30.10.2015	4320	h	21913	h	

Traumatic L3050

	Ultima manutenção	Intervalo	Horas de funcionamento	1/2
Raio on	08.07.2003	h	4582	h
Laser on	08.07.2003	h	14305	h
efetuar troca do gás	30.04.2018	0	h	h
Troca do óleo bomba a vacuo	30.04.2018	0	h	h
Nível da água	13.01.2018	100	h	2576

TruLaser 5030

Resumo	Contador de impulsos	Contador comando on	Horas de serviço [h]
Dados de energia	953577036	1634	43748
Contador		Contador laser on	Laser on [h]
Saída analógica		223100	24466
		Quantidade de partidas	Duração do programa [
		2500659	=

ANEXO G: Registo de Manutenção Preventiva e Paragem por avaria

Indique a Ordem de Fabrico...

Ordem Fabrico: Artigo: Encomenda:

OF: OF Paic: Sub-OFs

Ord. Fabrico	Artigo	Qtd.	Dt. Ent.	Op.	Descrição	CT	TP
0451697	PARAGEM	1	30-04-2018	10	Paragem avaria - C2D05 (laser 2D Fibra)	GPR01	1r
				15	Paragem outra - C2D05 (laser 2D Fibra)	GPR01	1r
				20	Paragem Manutenção Preventiva - C2D05 (laser 2D Fibra)	GPR01	1r
				25	Paragem avaria - C2D02 (laser 2D 4030)	GPR01	1r
				30	Paragem outra - C2D02 (laser 2D 4030)	GPR01	1r
				35	Paragem Manutenção Preventiva - C2D02 (laser 2D 4030)	GPR01	1r
				40	Paragem avaria - C2D03 (laser 2D 3050)	GPR01	1r
				45	Paragem outra - C2D03 (laser 2D 3050)	GPR01	1r
				50	Paragem Manutenção Preventiva - C2D03 (laser 2D 3050)	GPR01	1r
				55	Paragem avaria - C2D04 (laser 2D 5030)	GPR01	1r
				60	Paragem outra - C2D04 (laser 2D 5030)	GPR01	1r
				65	Paragem Manutenção Preventiva - C2D04 (laser 2D 5030)	GPR01	1r
				70	Paragem avaria - C3D01 (laser 3D 1005)	GPR01	1r
				75	Paragem outra - C3D01 (laser 3D 1005)	GPR01	1r
				80	Paragem Manutenção Preventiva - C3D01 (laser 3D 1005)	GPR01	1r
				85	Paragem avaria - C3D02 (laser Prima)	GPR01	1r
				90	Paragem outra - C3D02 (laser Prima)	GPR01	1r
				95	Paragem Manutenção Preventiva - C3D02 (laser Prima)	GPR01	1r

Paragem

Registrar Cancelar

ANEXO H: Registo de Paragens dos operadores

Num. Operação	Operação	Nome	Data Início	Hora Início	Data Fim	Hora Fim	Tempo Reg. (h)	Observações
15	Manutenção correctiva - C2D05 (laser 2D Fibra)	A	1/2/2017	15:42:35	1/2/2017	15:48:09	0.09	
25	Manutenção correctiva - C2D02 (laser 2D 4030)	A	1/4/2017	13:49:38	1/4/2017	15:40:27	1.85	
25	Manutenção correctiva - C2D02 (laser 2D 4030)	A	1/4/2017	13:59:35	1/4/2017	14:48:38	0.82	
20	Manutenção preventiva - C2D02 (laser 2D 4030)	A	1/9/2017	1:04:28	1/9/2017	5:58:14	4.90	
20	Manutenção preventiva - C2D02 (laser 2D 4030)	A	1/9/2017	6:00:29	1/9/2017	8:03:07	2.04	
30	Manutenção preventiva - C2D03 (laser 2D 3050)	A	1/9/2017	6:06:04	1/9/2017	11:06:25	5.01	
10	Manutenção preventiva - C2D05 (laser 2D Fibra)	A	1/9/2017	11:43:00	1/9/2017	13:57:42	2.25	
35	Manutenção correctiva - C2D03 (laser 2D 3050)	A	1/9/2017	13:44:19	1/9/2017	14:28:44	0.71	
10	Manutenção preventiva - C2D05 (laser 2D Fibra)	A	1/9/2017	16:17:50	1/9/2017	20:33:47	4.27	
15	Manutenção correctiva - C2D05 (laser 2D Fibra)	A	1/9/2017	23:07:15	1/9/2017	23:48:11	0.68	
15	Manutenção correctiva - C2D05 (laser 2D Fibra)	A	1/11/2017	8:13:43	1/11/2017	9:20:30	1.11	
45	Manutenção correctiva - C2D04 (laser 2D 5030)	A	1/12/2017	8:17:00	1/12/2017	8:52:49	0.60	
40	Manutenção preventiva - C2D04 (laser 2D 5030)	A	1/16/2017	8:17:50	1/16/2017	15:40:29	7.38	
25	Manutenção correctiva - C2D02 (laser 2D 4030)	A	1/17/2017	10:31:22	1/17/2017	18:04:11	7.55	
10	Manutenção preventiva - C2D05 (laser 2D Fibra)	A	1/17/2017	20:11:04	1/17/2017	20:11:47	0.01	
10	Manutenção preventiva - C2D05 (laser 2D Fibra)	A	1/17/2017	20:11:37	1/17/2017	20:46:56	0.59	METER AS GRELHAS
45	Manutenção correctiva - C2D04 (laser 2D 5030)	A	1/18/2017	5:59:19	1/18/2017	6:04:41	0.09	
40	Manutenção preventiva - C2D04 (laser 2D 5030)	A	1/18/2017	6:05:07	1/18/2017	6:17:10	0.20	
40	Manutenção preventiva - C2D04 (laser 2D 5030)	A	1/18/2017	6:18:45	1/18/2017	12:48:58	6.50	
40	Manutenção preventiva - C2D04 (laser 2D 5030)	A	1/18/2017	14:12:02	1/18/2017	17:21:41	3.16	
20	Manutenção preventiva - C2D02 (laser 2D 4030)	A	1/19/2017	14:51:34	1/19/2017	21:59:23	7.13	
45	Manutenção correctiva - C2D04 (laser 2D 5030)	A	1/20/2017	9:36:06	1/20/2017	17:30:00	7.90	

ANEXO I: Plano de Manutenção do equipamento TruLASER 5030

	PLANO DE MANUTENÇÃO Nº 81	ITPRD139 - 2
	Manutenção Preventiva Corte Laser VI	Pág.: 1 de 3


Máquina	Marca	Modelo	Localização
Corte Laser VI	TRUMPF	TRULASER 5030	Produção

SIMBOLOGIA

- ◆ - MANUTENÇÃO A REALIZAR PELO OPERADOR
- ☑ - MANUTENÇÃO A REALIZAR POR TECNICO INTERNO - MANUTENÇÃO
- ☺ - MANUTENÇÃO A REALIZAR POR TECNICO ESPECIALIZADO

PERICIDADE - SEMANALMENTE		
ITEM	SIMBOLOGIA	TAREFA A EXECUTAR
1	◆	Limpar guias de apoio da mesa
2	◆	Controlar depósito (aspirador/separador compacto)
3	◆	Limpar tubos de aspiração, tampas e guias para mesas
4	◆	Controlar depósito colector de pó e escórias
5	◆	Limpar lentes de corte
6	◆	Limpeza exterior dos foles dos eixos x, y, z com uma escova macia ou então aspirar
7	◆	Aspiração dos filtros do chiller
8	◆	Esvaziar carro de detritos
9	◆	Verificar os níveis de água nos tanques de refrigeração Cu e Al
Mensal		
10	☑	Controlar saída de ar puro do aspirador/separador compacto
11	☑	Lubrificar barra do tomador da paleta
12	☑	Lubrificar cinta de transporte longitudinal
13	☑	Controlar pré-separador de chispas (aspirador/separador compacto)
14	☑	Controlar válvula de limpeza (aspirador/separador compacto)
15	☑	Controlar rolamentos das mesas e escovas de latão
16	☑	Controlar filtro do fluxo principal e filtro de água (AutoLas Plus)
17	☑	Controlar ventilador dos AC dos armários eléctricos
18	☑	Limpar barreira óptica de segurança
19	☑	Verificar o estado de todos os foles
20	☑	Limpar a régua de leitura dos Y
21	☑	Verificar/inspeccionar o funcionamento do extractor de fumos
22	☑	Verificar o estado funcional dos vários cabeçais- registar o estado
23	☑	Verificar a funcionalidade dos sistemas de segurança


QUANTAL - LASER TECNOLOGIA, S.A.	Elaborado:	Data: 12/01/2012
	Aprovado:	Data: 22/02/2012

		PLANO DE MANUTENÇÃO Nº 81 Manutenção Preventiva Corte Laser VI	ITPRD139-2 Pág.: 2 de 3
TRIMESTRAL			
24	<input checked="" type="checkbox"/>	Verificar existência de água no regulador de pressão de ar da unidade de aspiração e purgar.	
25	<input checked="" type="checkbox"/>	Controlar, limpar e lubrificar a corrente de transporte das mesas.	
26	<input checked="" type="checkbox"/>	Controlar espelho deflector	
27	<input checked="" type="checkbox"/>	Controlar tensão da cinta transportadora longitudinal.	
28	<input checked="" type="checkbox"/>	Controlar espelho deflector adaptável.	
29	<input checked="" type="checkbox"/>	Controlar espelho deslocamento de fase.	
30	<input checked="" type="checkbox"/>	Controlar espelho deflector e espelho de focagem automática (AutoLas Plus)	
31	<input checked="" type="checkbox"/>	Verificar o nível do óleo da central hidráulica de elevação das mesas	
32	<input checked="" type="checkbox"/>	Verificar e registar os valores do erro de GRANTY	
33	<input checked="" type="checkbox"/>	Verificar o funcionamento da unidade de lubrificação centralizada	
34	<input checked="" type="checkbox"/>	Verificar o centramento do raio e se necessário inspeccionar o caminho óptico na sua totalidade	
SEMESTRAL			
35	<input checked="" type="checkbox"/>	Verificar redutor de pressão de serviço + unidade de manutenção do abastecimento de ar comprimido	
36	<input checked="" type="checkbox"/>	Verificar redutor de pressão do guia do raio	
37	<input checked="" type="checkbox"/>	Verificar existência de água no regulador de pressão de ar da unidade de aspiração e purgar.	
38	<input checked="" type="checkbox"/>	Verificar cartuchos filtrantes	
39	<input checked="" type="checkbox"/>	Limpar cremalheiras dos eixos X e U	
ANUAL			
40	<input checked="" type="checkbox"/>	Verificar filtros de oxigénio e azoto	
41	<input checked="" type="checkbox"/>	Controlar suportes dos conectores de encaixe e as uniões por parafusos de aperto no armário de distribuição	
42	<input checked="" type="checkbox"/>	Controlar Tubos Flexíveis do Sistema Hidráulico	
43	<input checked="" type="checkbox"/>	Limpeza dos ventiladores internos dos quadros eléctricos e dos seus componentes	
TRIANUAL			
44	<input checked="" type="checkbox"/>	Substituir Bateria/ventilador CN-CPU	
45	<input checked="" type="checkbox"/>	Substituir Bateria Tampão MMC 103	
5 Anos			
46	<input checked="" type="checkbox"/>	Substituir óleo da caixa redutora de accionamento de transporte das mesas	
47	<input checked="" type="checkbox"/>	Substituir óleo da unidade hidráulica	
48	<input checked="" type="checkbox"/>	Substituir o filtro do óleo da unidade hidráulica	

	PLANO DE MANUTENÇÃO Nº 81	ITPRD139-2
	Manutenção Preventiva Corte Laser VI	Pág.: 3 de 3

LASER		
MENSAL		
49	<input checked="" type="checkbox"/>	Controlar nível de água no depósito de água da unidade de refrigeração
50	<input checked="" type="checkbox"/>	Substituir filtros dos chiller se necessário
51	<input checked="" type="checkbox"/>	Medir a condutibilidade no depósito da água – unidade de refrigeração e registar os valores
TRIMESTRAL		
52	<input checked="" type="checkbox"/>	Verificar existência de ruídos estranhos nos ventiladores – Gerador de AF
53	<input checked="" type="checkbox"/>	Examinar os ânodos sacrificiais e os tubos flexíveis de teflon
54	<input checked="" type="checkbox"/>	Examinar o cátodo colector
55	<input checked="" type="checkbox"/>	Verificar os valores de serviço dos tubos do gerador
56	<input checked="" type="checkbox"/>	Verificar se existem fugas no circuito de refrigeração no interior do encapsulamento da fonte laser
SÉMESTRALMENTE		
57	<input checked="" type="checkbox"/>	Limpar os tanques de Cu e Al do sistema de refrigeração
58	<input checked="" type="checkbox"/>	Substituir a água de refrigeração – unidade de refrigeração e adicionar os aditivos apropriados, registar os valores da condutividade
59	<input checked="" type="checkbox"/>	Substituir o Filtro do circuito de água do Alumínio e cobre – unidade de refrigeração
60	<input checked="" type="checkbox"/>	Registar os valores limite do PBI, em impresso próprio
61	<input type="checkbox"/>	Realizar o teste de fugas de gases no sistema de refrigeração do chiller. Verificar o nível do óleo do compressor
LIFMASTER II		
61	<input checked="" type="checkbox"/>	Lubrificação das guias e accionamentos mecânicos
62	<input checked="" type="checkbox"/>	Verificação do funcionamento correcto dos "garfos", e corrente de accionamento dos mesmos
63	<input checked="" type="checkbox"/>	Verificação do sistema de detecção de chapa
64	<input checked="" type="checkbox"/>	Verificação/inspecção das ligações eléctricas e mecânicas
65	<input checked="" type="checkbox"/>	Verificar o funcionamento do sistema de lubrificação automática
66	<input checked="" type="checkbox"/>	Inspeccionar a tensão das correntes de movimentação dos "garfos", e lubrificar se necessário
67	<input checked="" type="checkbox"/>	Verificar a existência de água no regulador de pressão de ar da unidade de aspiração e purgar
BIANUAL		
68	<input checked="" type="checkbox"/>	Substituição do óleo dos motoredutores
69	<input checked="" type="checkbox"/>	Limpeza dos freios dos motores do movimento vertical
70	<input checked="" type="checkbox"/>	Medição do consumo de todos os motores e registar os valores

ANEXO J: Pedido de Intervenção



Ficha de Intervenção

Nº Nº SEQ.

Pedido de Intervenção

REQUISITANTE: PRODUÇÃO SECTOR : LASER 2D URGENTE ? SIM

CODIGO DO EQUIPAMENTO: Escolha um Equipamento

DESCRIÇÃO DA AVARIA: luz fundida

DATA DO PEDIDO: 02-02-2018 HORA DA OCORRÊNCIA : 11:00 PARTICIPANTE :

RELATÓRIO DA EXECUÇÃO DA INTERVENÇÃO

DESCRIÇÃO DA INTERVENÇÃO CORRECTIVA

INICIO	DATA	HORA	FIM	DATA	HORA	SERV. EXTERNO	SERV. INTERNO
	20-07-2017	16:00		20-07-2017	140	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

CAUSA DA AVARIA:

☐ ERRO DE OPERAÇÃO ☒ DESCONHECIDA ☐ NÃO APLICÁVEL
☐ PROCED. DE PRD NÃO OBSERVADOS

FALHA FUNCIONAL

☐ MECÂNICA ☒ ELECTRICA ☐ PNEUMATICA ☐ HIDRAULICA ☐ ELECTRÓNICA
☐ OUTRA ☐ NÃO APLICÁVEL

TIPO DE TRABALHO EXECUTADO

☐ DESEMPENAGEM ☐ AFINAÇÕES ☐ FORMAÇÃO ☐ CORREÇÕES

DESCRIÇÃO DA INTERVENÇÃO:	MATERIAIS APLICADOS	CUSTOS

MANUTENÇÃO PREVENTIVA

EXECUÇÃO: Escolha um item. **NOME DO EXEC.:** Escolha um item. **NOME DA EMPRESA:** Escolha um item.

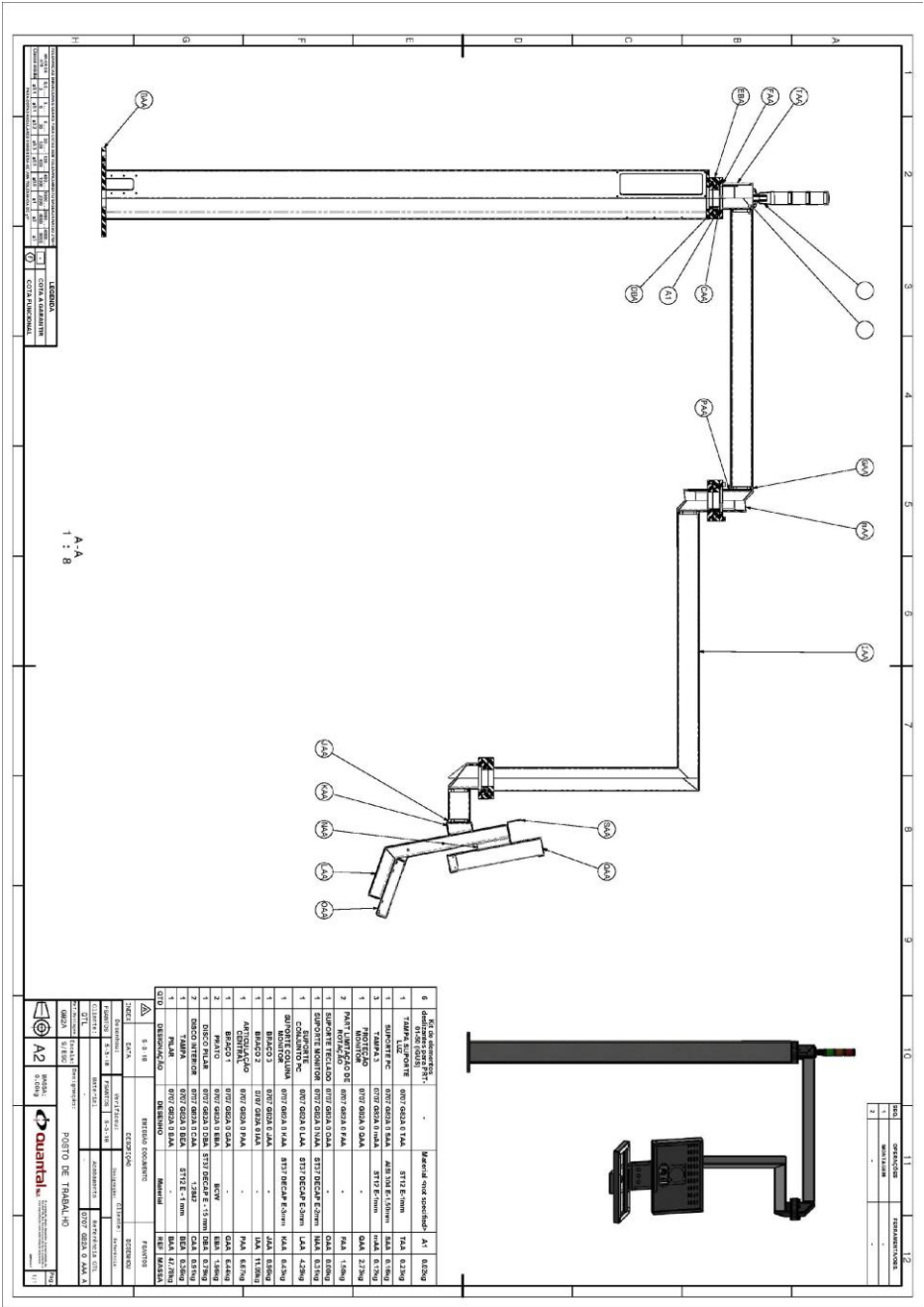
Nº DO PLANO: ESCOLHA UMA OPÇÃO **Nº DE HORAS:** Escolha um item. **PERIODICIDADE:** Escolha um item.

RELATORIO? Escolha um item. **DATA:** 22-06-2017 **NOME RESP. MANUTENÇÃO**

ANEXO L: Orçamento do Posto de trabalho produzido pela Rittal

Pos.	Código	Descrição	Total Líquido
1	6206700	CP ARTICULAÇÃO SUP. SAIDA HORIZONTAL 60	232.04 €
2	6206100	CP SUPORTE SYST.60 FECHADO - 1000MM	57.61 €
3	6206600	CP PEÇA ANGULAR 90° SIST.60 7035/7024	74.64 €
4	6206050	CP SUPORTE YSTEM60 FECGHADO 500MM	32.79 €
5	6206480	CP CONSOLE C/CONEXÃO VESA 75/100	77.19 €
6	6206300	CP ELEMENTO MONTAGEM SYSTEM60	84.96 €
7	6321000	CP PAINEL DE COMANDO TFT ATÉ 24"	307.51 €
8	6321010	SM SUPORTE P/KEYBOARDS	128.24 €
9	6446030	SM Teclado de embutir, Layout Alemão	305.37 €
10	Quantal	Pilar	91.36 €
TOTAL p/ posto			1,391.72 €

ANEXO M: Desenho técnico de conjunto do posto de trabalho



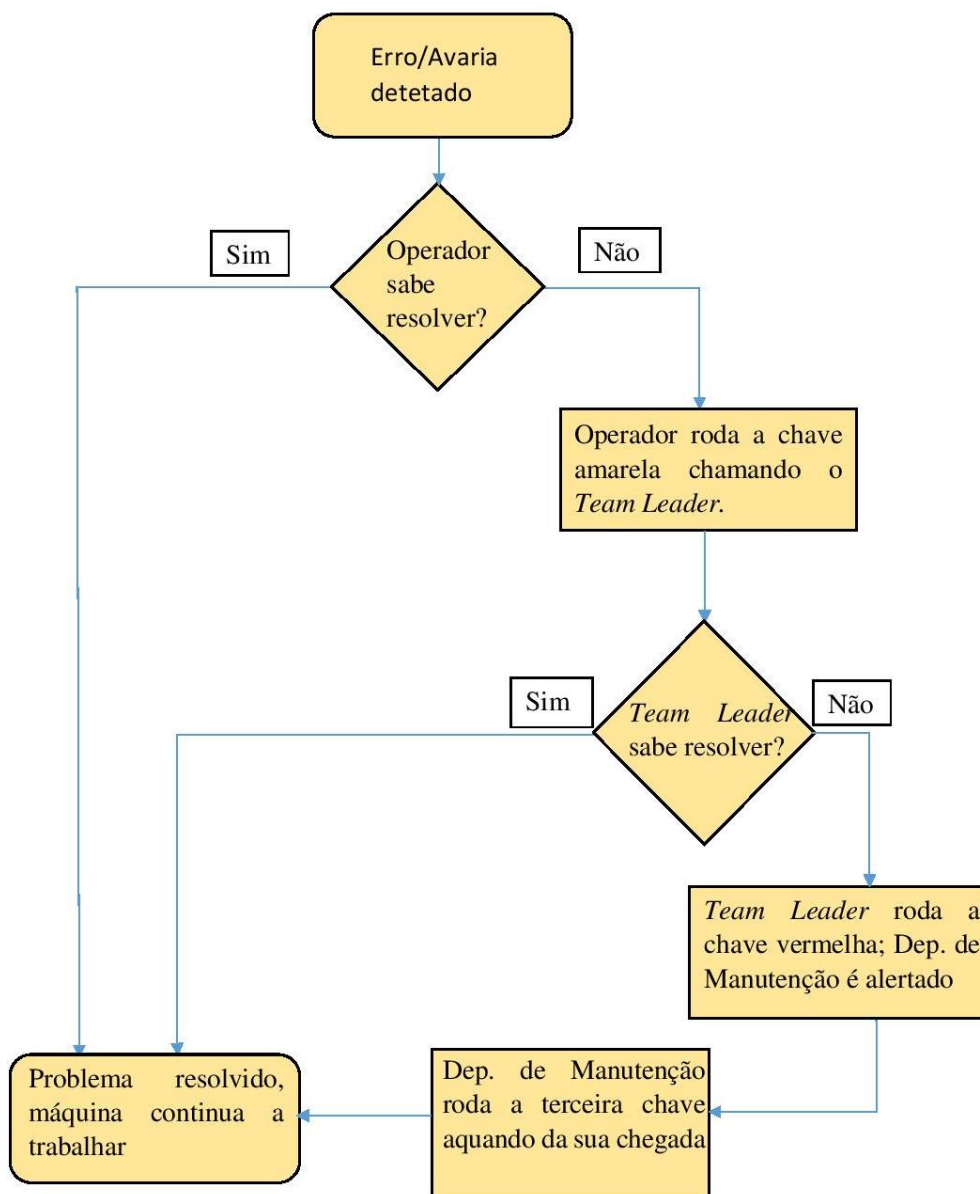
ANEXO N: Orçamento do Posto de trabalho produzido na Quantal

Referência Interna da Quantal		
0707G82A0BAA		10.00€
Pilar	0707G82A0BBA	14.27 €
	0707G82A0BCA	79.52 €
	0707G82A0BDA	1.67 €
	0707G82A0BEA	0.90 €
91.36€		
0707G82A0FAA		6.70€
Parte Limitação de Rotação	0707G82A0FEA	3.80 €
	0707G82A0FBA	Subcontratada
10.50€		
0707G82A0GAA		2.50€
Braço 1	0707G82A0GBA	1.70 €
	0707G82A0GCA (2)	3.51 €
7.71€		
0707G82A0OAA		10.00€
Suporte Teclado	0707G82A0OBA	3.03 €
	0707G82A0OCA	6.79 €
	0707G82A0ODA	2.03 €
	0707G82A0OEA	3.75 €
25.60€		
0707G82A0IAA		7.50€
Braço 2	0707G82A0IBA	1.70 €
	0707G82A0ICA	1.70 €
10.90€		
0707G82A0JAA		5.00 €
Braço 3	0707G82A0JBA	1.70 €
	0707G82A0JCA	3.27 €
9.97 €		
0707G82A0QAA		
Proteção Monitor	0707G82A0QBA	9.15 €
	0707G82A0QCA	5.01 €
14.16 €		
0707G82A0TAA	TAMPA SUPORTE LUZ	0.81 €
0707G82A0mAA	TAMPA 3	1.68 €
0707G82A0NAA	SUPORTE MONITOR	1.28 €
0707G82A0KAA	SUPORTE COLUNA MONITOR	2.57 €
0707G82A0LAA	SUPORTE CONJUNTO PC	7.15 €
0707G82A0SAA	SUPORTE PC	0.70 €
Subcontratação		
Disco Interior	0707G82A0CAA	60.00€
Disco Pilar 1	0707G82A0DBA	30.00€
Prato	0707G82A0EBA	70.00€
Parte Limitação de Rotação	0707G82A0FBA	70.00€
Disco Pilar 2	0707G82A0HBA	25.00€
Teclado	Rittal	305.37€
Junta Rotativa (Anilha)	Iqus	60.00€
TOTAL p/ posto		804.76 €

ANEXO O: Orçamento do sistema de sinalização WERMA + equipamento adicional

WERMA			
Material necessário	Total	Por Posto	Número de unidades
Custo Recetor	1,500.00 €	30.00 €	50uni
Base p/Tubo	34.30 €	34.30 €	1uni
Emissor	1,011.00 €	337.00 €	1uni
Luz Verde	90.84 €	30.28 €	1uni
Luz Amarela	90.84 €	30.28 €	1uni
Luz Vermelha	90.84 €	30.28 €	1uni
Equipamento Adicional			
Temporizador	144.00 €	48.00 €	1uni
Botão/Chave	41.00 €	41.00 €	3uni
Contacto NC	13.50 €	4.50 €	3uni
Calha DIN	0.20 €	0.20 €	1 uni
Fusivel	2.68 €	2.68 €	1uni
Bornes	268.80 €	13.44 €	20 uni
Tomada 2P+T	40.00 €	20.00 €	2 uni
Werma	Equip. Adicional	Total por máquina	Total
492.14 €	129.82 €	621.96 €	3,328.00 €

ANEXO P: Procedimento de atuação em caso de ocorrência de erros/avarias nas máquinas



ANEXO Q1: Plano de manutenção das máquinas de Corte Laser CO₂Máquinas de Corte Laser CO₂ 5030 e 3050

Item	Tarefa	Frequência
1	Esvaziar carro de detritos	Diariamente
2	Limpar lente de corte	Diariamente
3	Limpeza (carris, foles, escórias, canal de aspiração, chapas de calibração e escovas)	Semanalmente
4	Controlar depósito coletor de pó e escórias	Semanalmente
5	Substituição dos filtros de <i>chiller</i>	Semanalmente
6	Verificação dos níveis da água nos tanques	Semanalmente
7	Tubo de aspiração	Mensalmente

1	Esvaziar carro de detritos	Diariamente
----------	-----------------------------------	--------------------

1. **Puxar** os carros de detritos lateralmente
2. **Esvaziá-los**



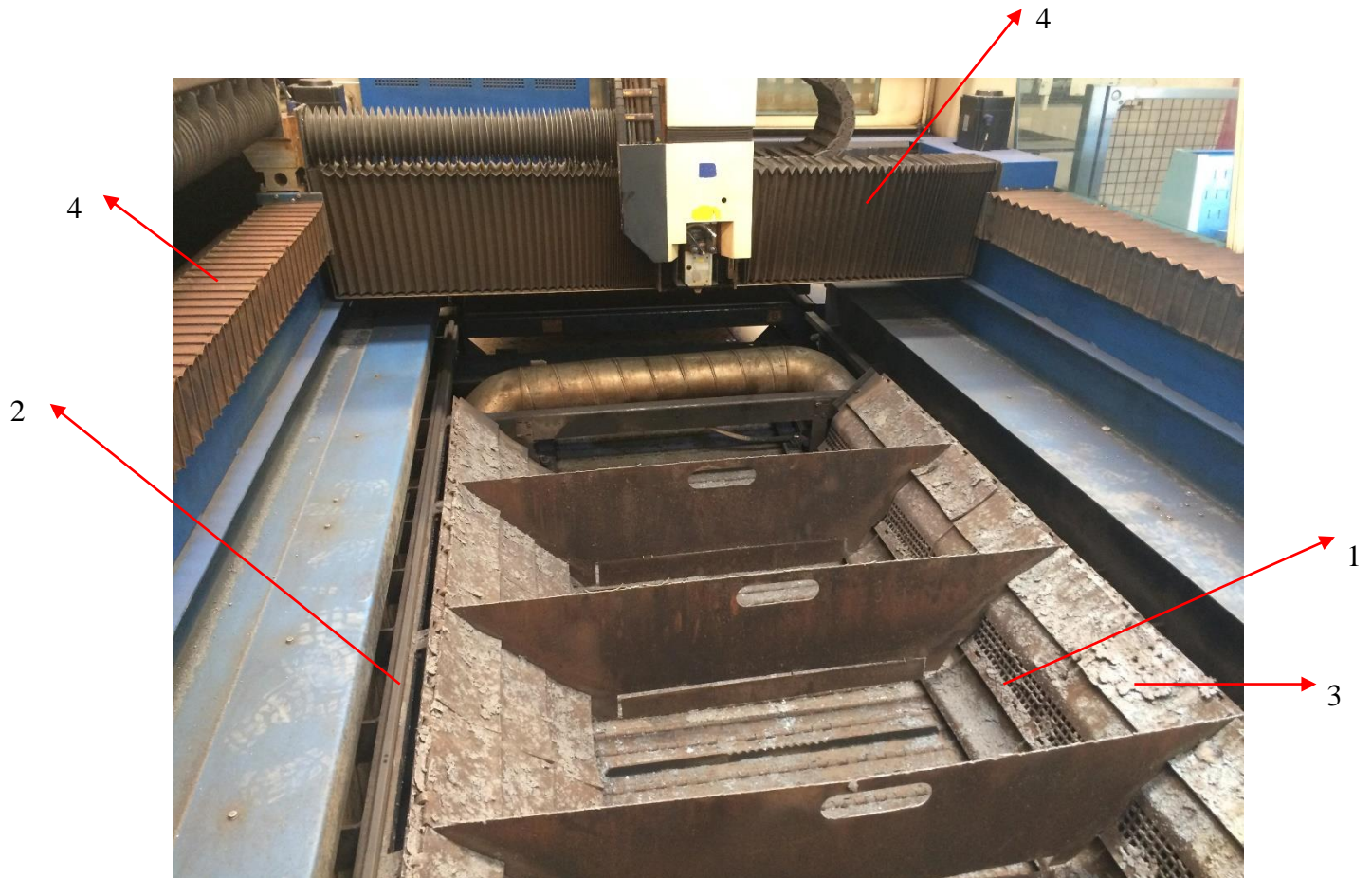
2	Limpar lentes de corte	Diariamente
----------	-------------------------------	--------------------

1. **Avaliar** o estado da lente sempre que se efetua a troca do cabeçal
2. Efetuar a **limpeza** se necessário

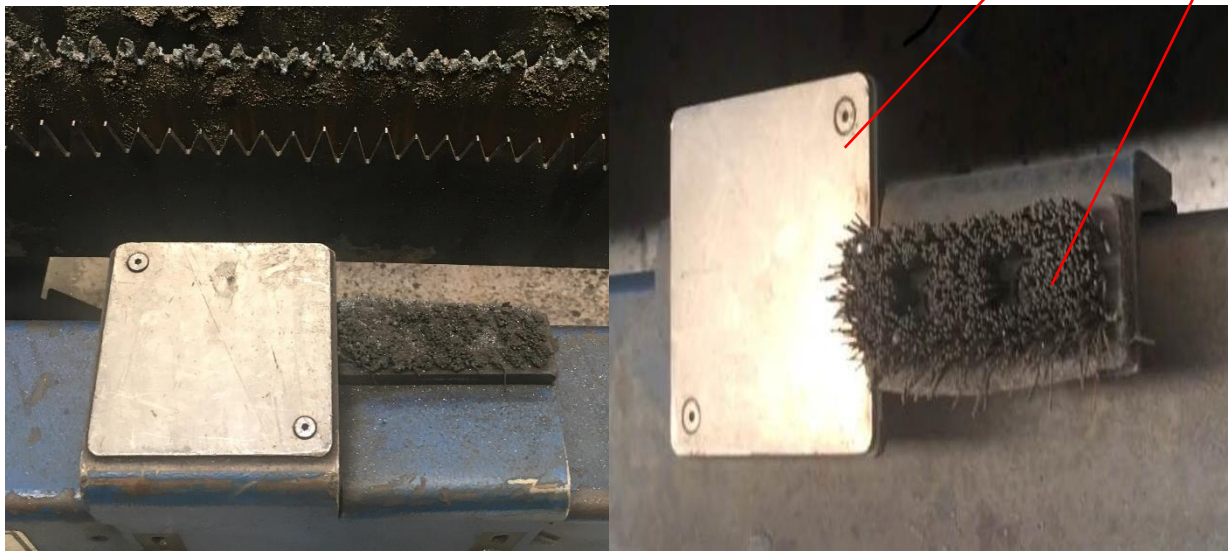
Nota: Verificar no fim do Anexo como realizar a limpeza da lente.

3	Limpeza	Semanalmente
---	---------	--------------

1. **Limpar** as tampas do canal de aspiração e as grelhas de proteção
2. **Limpar** os carris de guia das paletes com uma vassoura
3. **Limpar** as escórias das paredes laterais
4. **Limpar** exterior dos foles dos eixos x e y



5. **Limpar** chapa calibração de bico
6. **Verificação** das escovas



4	Controlar depósito coletor de pó e escórias	Semanalmente
---	---	--------------

Desmontagem

1. Puxar a alavanca 1 para a frente até ao furo de bloqueio
2. Puxar para fora o carrinho

Montagem

1. Inserir o recipiente descartável

Atenção:

- Inserir o recipiente (Bidão metálico) apenas com alavanca 1 puxada
- Após inserir o recipiente verificar se gola está encostada ao recipiente

Nota: É possível encontrar o procedimento detalhado no próprio sistema de aspiração



Todo o procedimento detalhado

5	Substituição dos filtros do chiller	Semanalmente
---	-------------------------------------	--------------

1. **Desapertar** os 2 parafusos
2. **Retirar** a grelha
3. **Substituir** a esteira (Manta filtrante)
4. **Montar** grelhas (**Reapertar** parafusos)

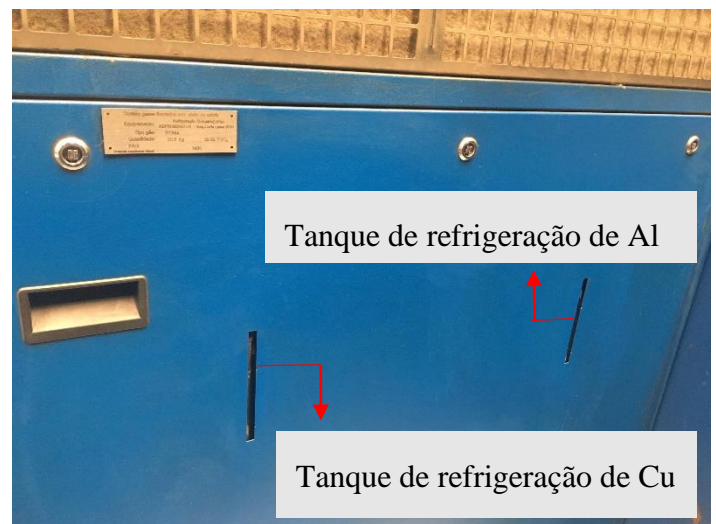


6	Verificar os níveis de água nos tanques de refrigeração Cu e Al	Semanalmente
---	--	---------------------

Nota: O procedimento é igual para os dois tanque de refrigeração - Cu e Al

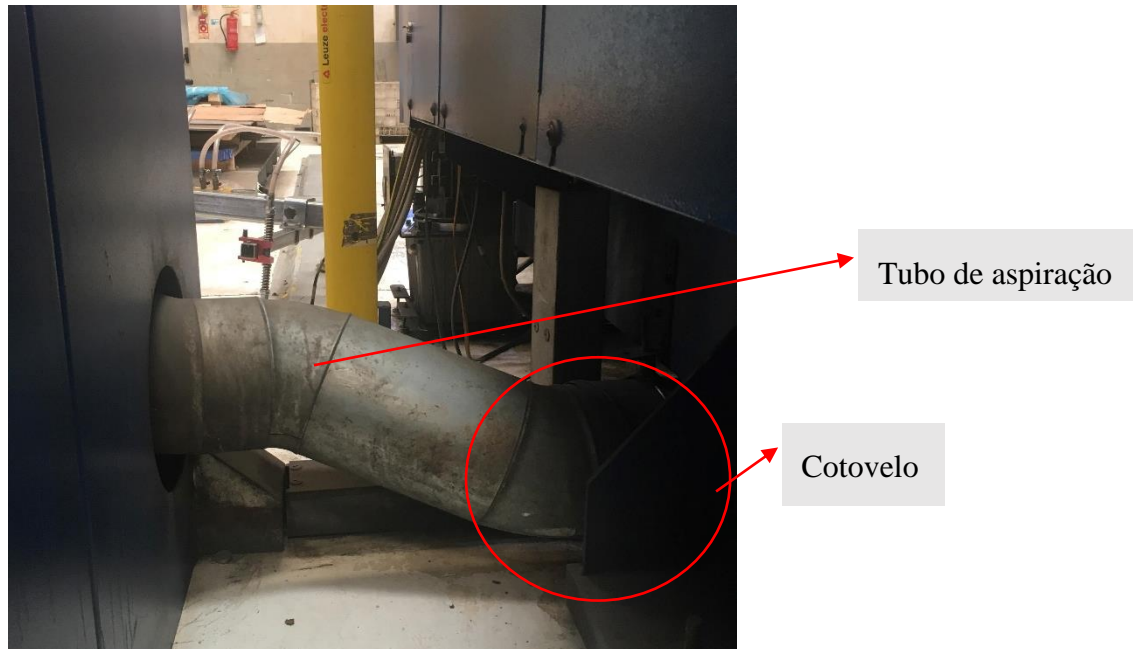
1. **Verificar** o nível da água do indicador

- Se o nível da água estiver abaixo do nível mínimo, **encher** o tanque com água de refrigeração



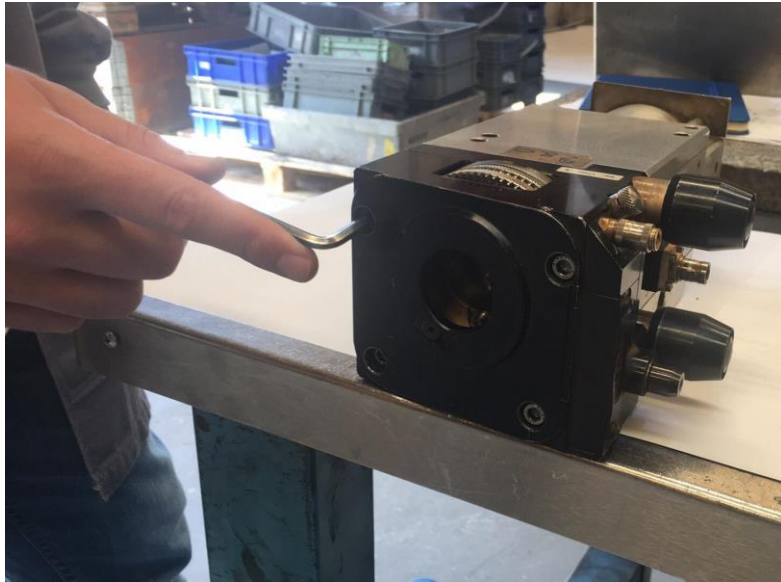
7	Limpar tubo de aspiração	Mensalmente
---	---------------------------------	--------------------

1. **Desmontar** a zona do cotovelo assinalada na imagem
2. **Limpeza** do interior do tubo (zona onde acumulam interiores e escoria)

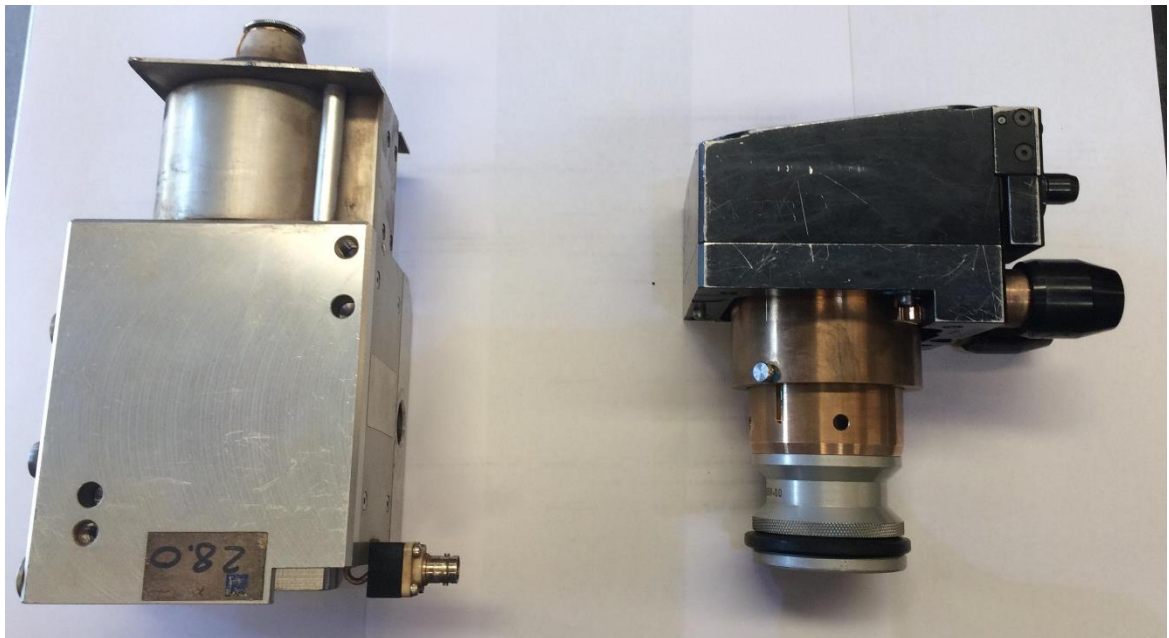


Limpeza da Lente de Corte

1. **Pousar** a cabeça de corte lateralmente e **Retirar** os 4 parafusos



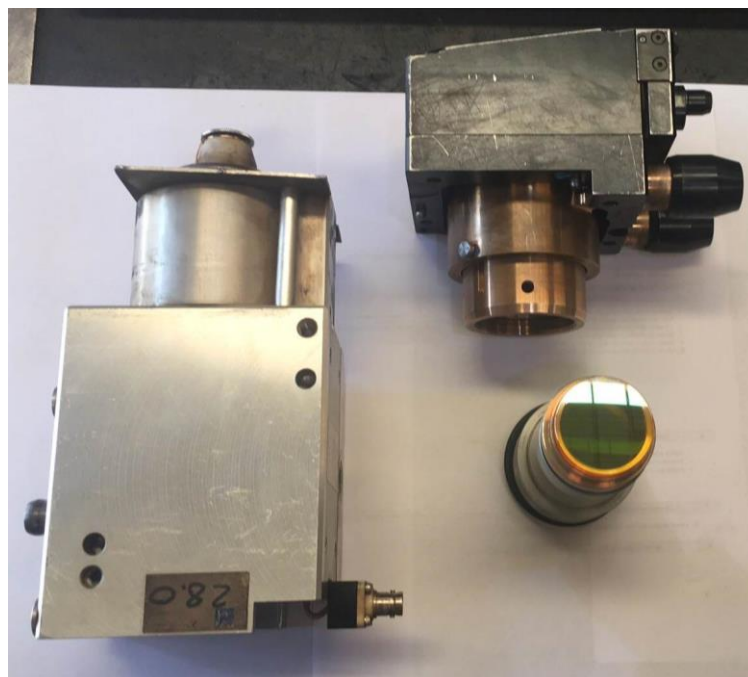
2. **Separar** a parte de cima da cabeça de corte



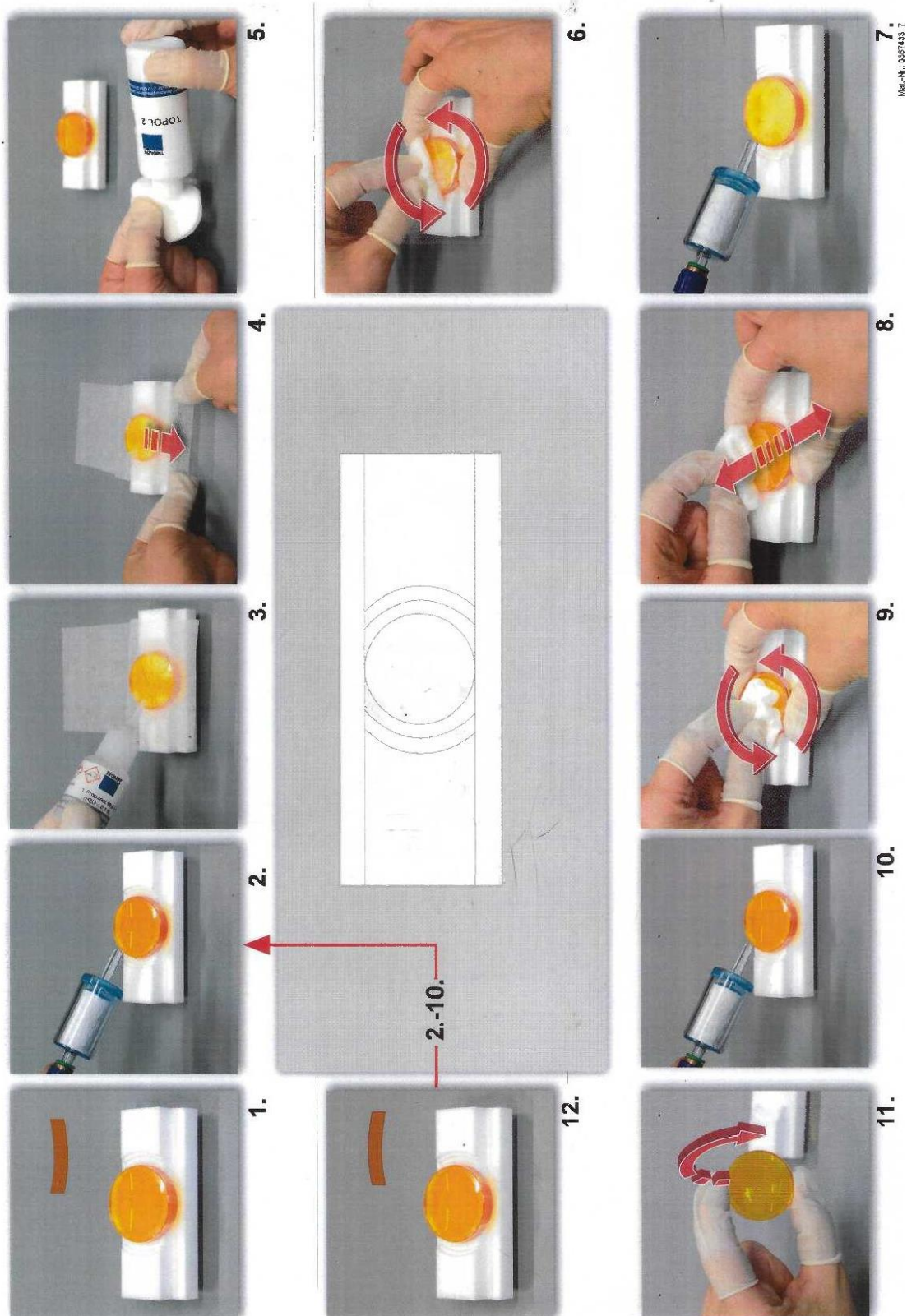
3. **Desenroscar e soltar** o suporte da lente



4. **Retirar** a lente

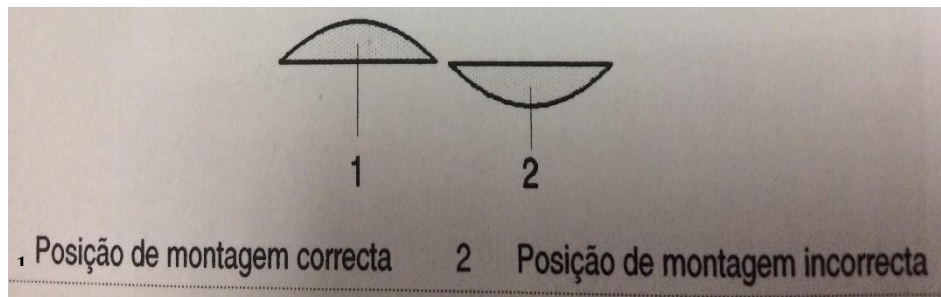


5. Limpar a lente – Preparar a lente para a limpeza



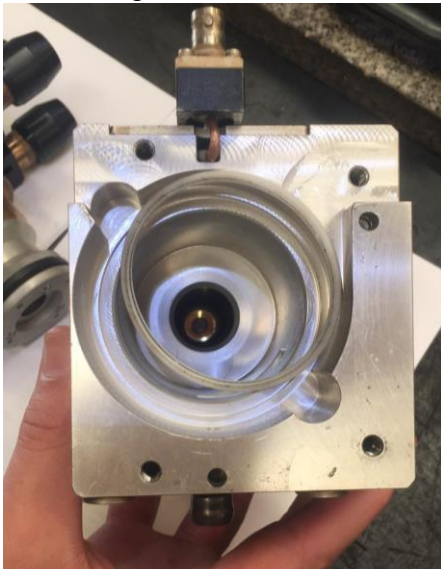
6. **Colocar** de volta a lente no suporte – Parte côncava para cima

Nota: Verificar se é possível ver o próprio reflexo!



7. **Efectuar** inspecção visual

O´ring Teflon interior (a)



Sistema Anti-crash (b)



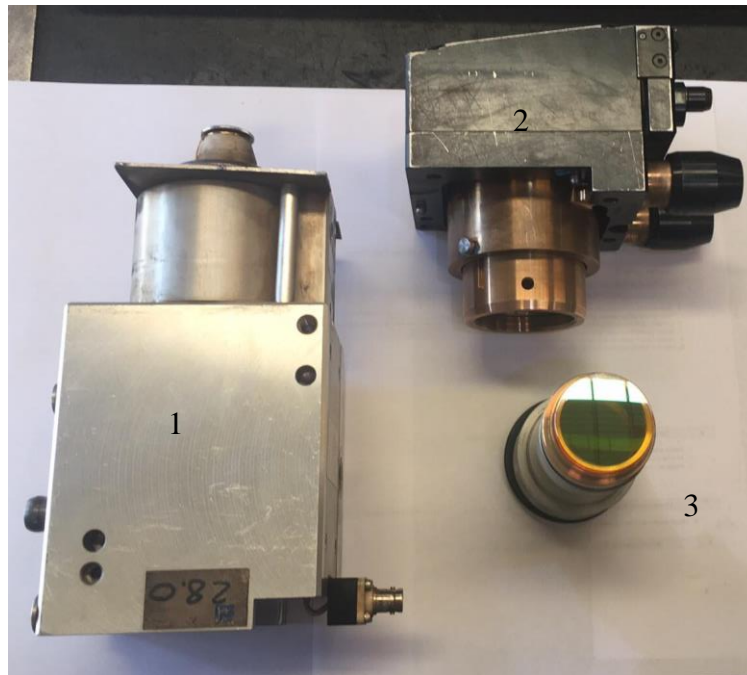
Bico Crossjet (c)



Cerâmica (d)



8. **Verificação** Geral da limpeza e do estado de conservação
9. **Remontar** os elementos 1,2 e 3



ANEXO Q2: Plano de manutenção da máquina de Corte Laser Fibra**Máquinas de Corte Laser Fibra 5030**

Item	Tarefa	Frequência
1	Esvaziar carro de detritos	Diariamente
2	Limpar Vidro de proteção	Diariamente
3	Limpeza (carris, foles, escórias, canal de aspiração, chapas de calibração e escovas)	Semanalmente
4	Controlar depósito coletor de pó e escórias	Semanalmente
5	Substituição dos filtros de chiller	Semanalmente
6	Verificação dos níveis da água nos tanques	Semanalmente

1	Esvaziar carro de detritos	Diariamente
----------	-----------------------------------	--------------------

1. **Puxar** os carros de detritos lateralmente
2. **Esvaziá-los**

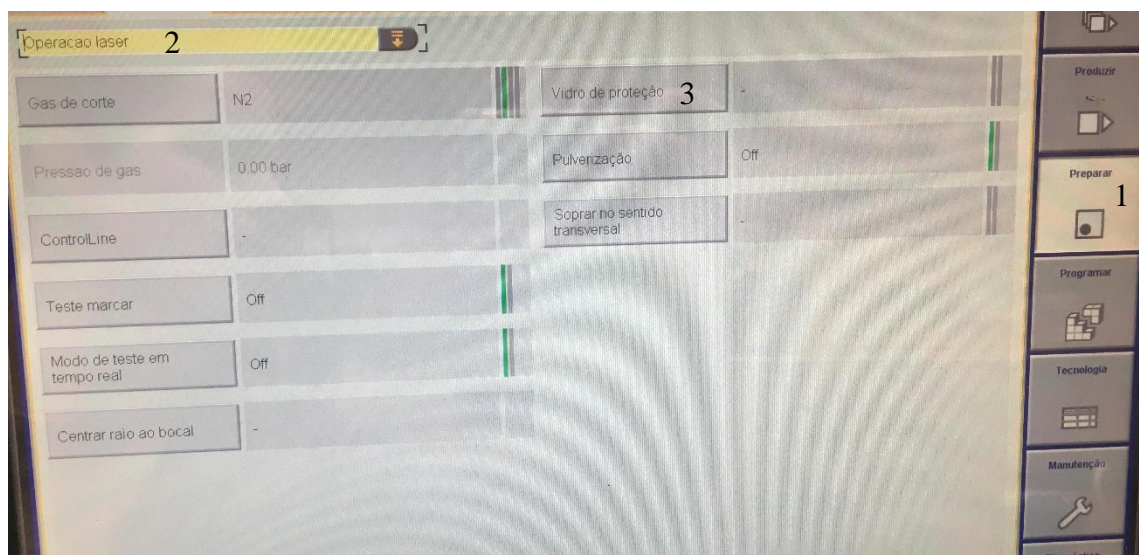


Carros de detritos

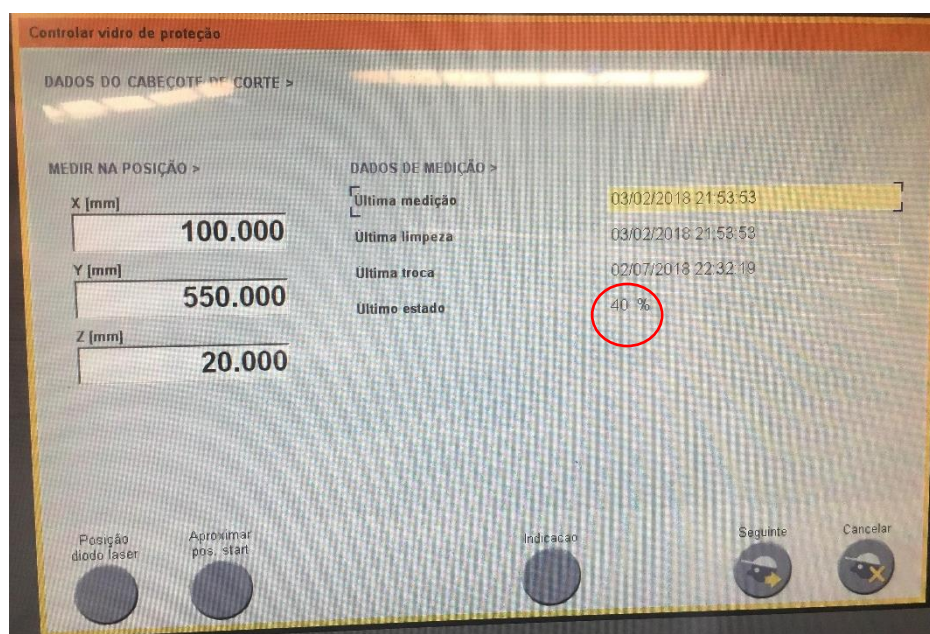
2	Limpar vidro de Proteção	Diariamente
---	---------------------------------	--------------------

Avaliar o estado do vidro, seguir os passos do programa:

1. Preparar
2. Operação laser
3. Vidro de proteção



Efetuar a **limpeza** quando o estado for inferior a 60%!



Nota: Verificar no fim do Anexo como realizar a limpeza do vidro.

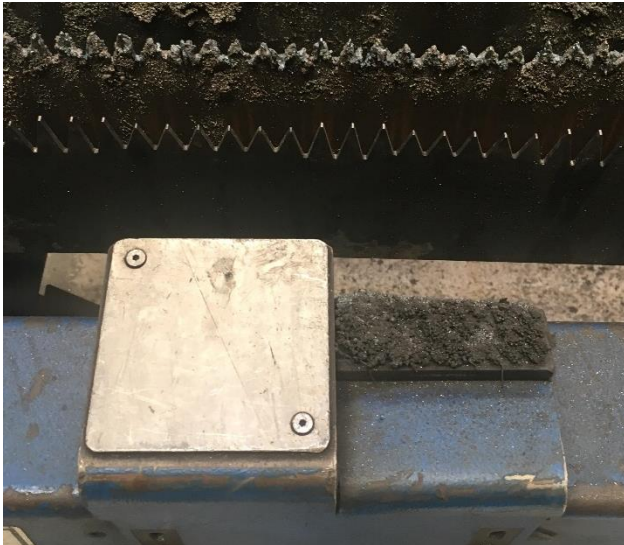
3	Limpeza	Semanalmente
---	---------	--------------

1. **Limpar** as tampas do canal de aspiração e as grelhas de proteção
2. **Limpar** os carris de guia das paletes com uma vassoura
3. **Limpar** as divisórias de aspiração
4. **Limpar** exterior dos foles dos eixos x e y

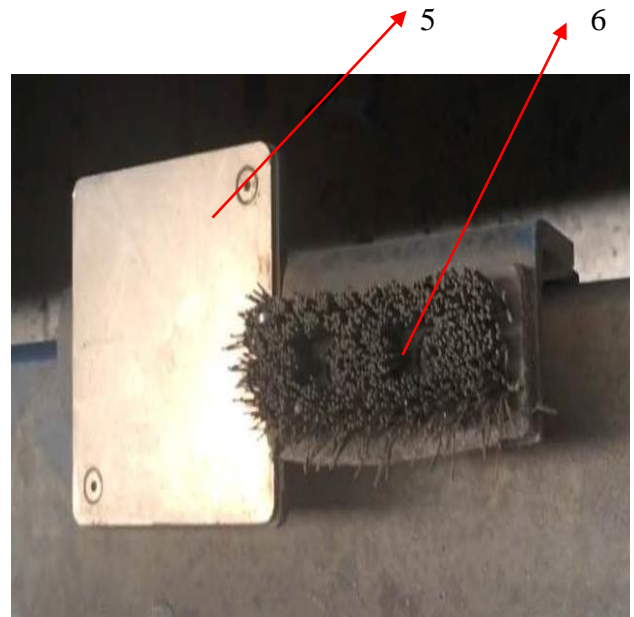


5. **Limpar** chapa calibração de bico

6. **Verificação** das escovas



1. NOK



2. OK

Nota: Se a escova se encontra como na figura 1 deve-se chamar a manutenção!

4	Controlar depósito coletor de pó e escórias	Semanalmente
---	---	--------------

Nota: Há dois depósitos

1. **Puxar** a alavanca 1
2. **Retirar** o recipiente
3. **Controlar** o recipiente
4. **Voltar** a colocar o recipiente
5. **Baixar** a alavanca 1



5	Substituição dos filtros do chiller	Semanalmente
---	-------------------------------------	--------------

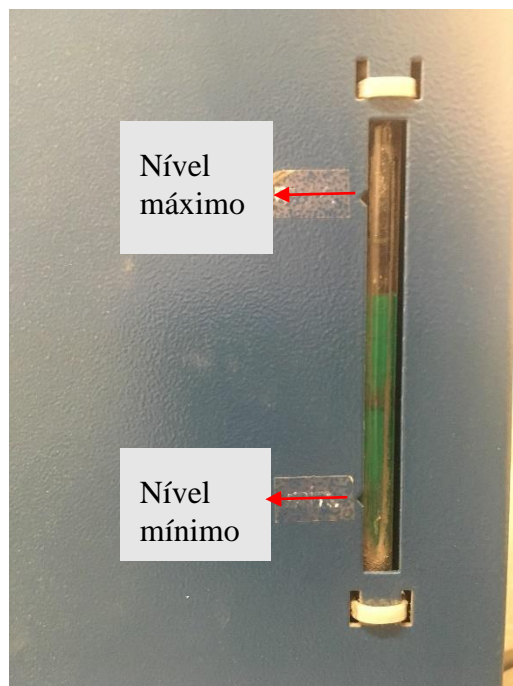
1. **Desapertar** os parafusos
2. **Retirar** a grelha
3. Esteira (Manta filtrante)
 - **Substituir** a do Laser
 - **Limpar** a da máquina
4. **Montar** grelhas (**Reapertar** parafusos)



6	Verificar os níveis de água nos tanques de refrigeração do Laser e da Máquina	Semanalmente
---	---	--------------

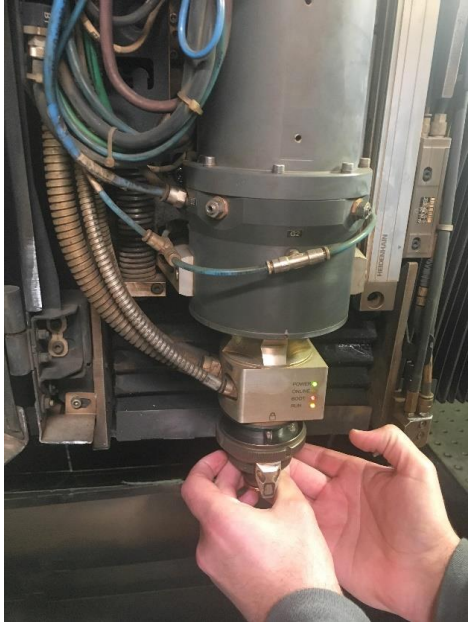
Nota: O procedimento é igual para os dois tanque de refrigeração – Laser e Máquina

1. **Verificar** o nível da água do indicador
 - Se o nível da água estiver abaixo do nível mínimo, **encher** o tanque com água de refrigeração



Limpeza do vidro de proteção

1. **Desenroscar e soltar** o suporte do vidro

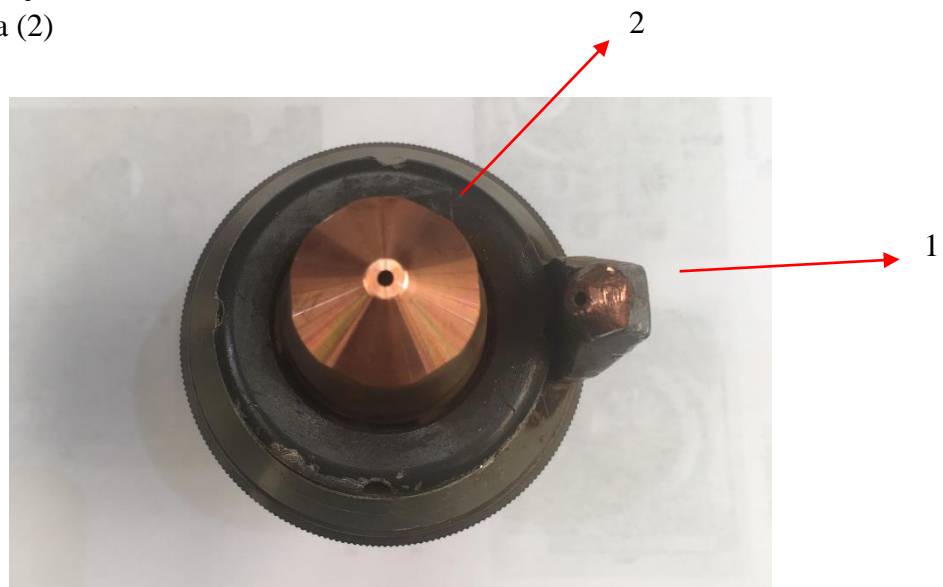


2. **Retirar** o vidro

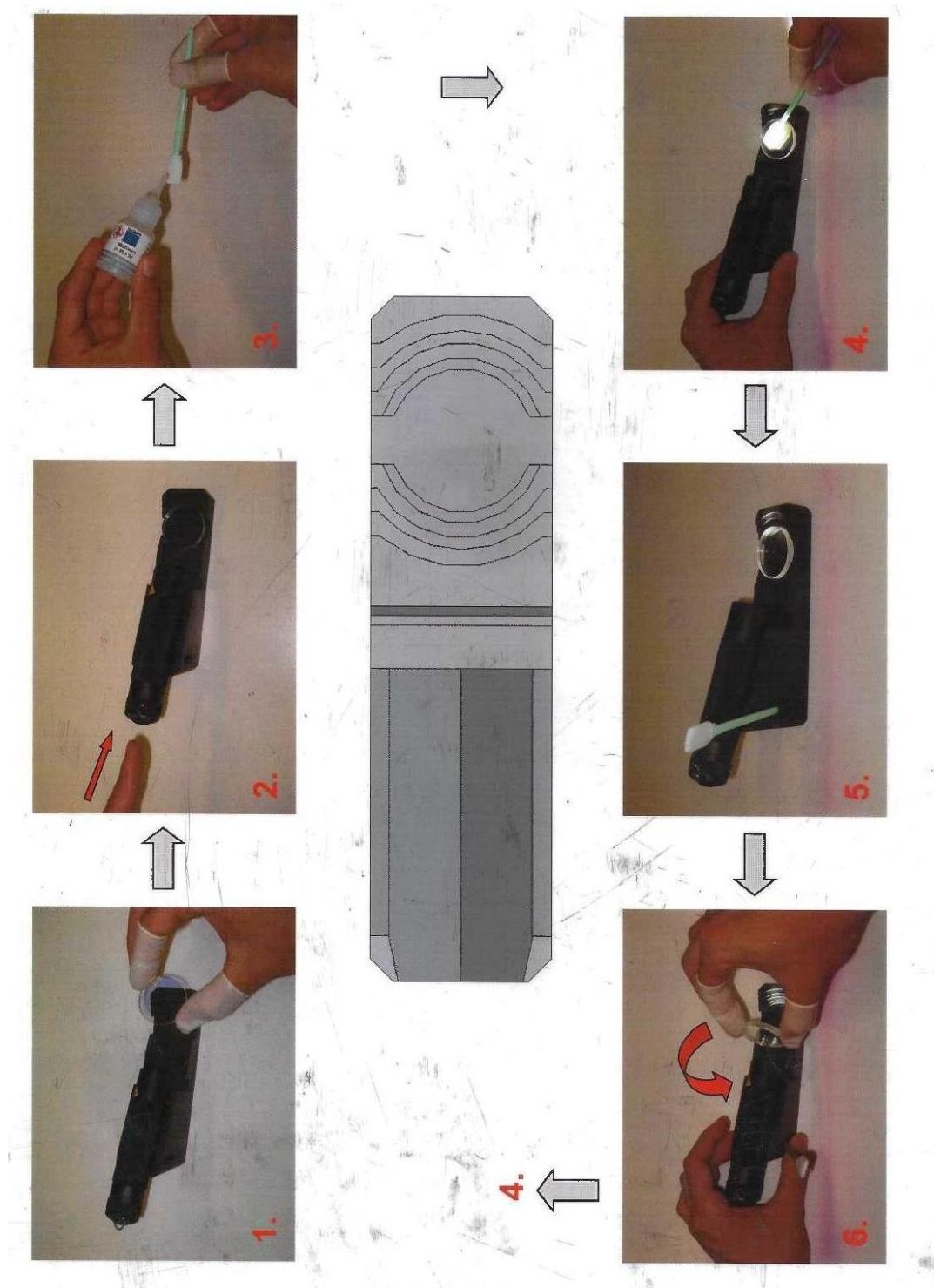


3. **Efectuar** inspecção visual

- Bico Crossjet (1)
- Cerâmica (2)



4. **Limpar** o vidro de proteção – Preparar o vidro para a limpeza



5. **Verificação** Geral da limpeza e do estado de conservação
6. **Remontar** os elementos 1,2 e 3



ANEXO R1: Descrição do funcionamento do programa de registo de manutenção preventiva pelos operadores

1. Para ter acesso a este documento deve ir ao separador “Info.Geral” do sistema RisQuantal e escrever no campo de pesquisa o nome do ficheiro “Registo_Preventiva”, iniciando o programa ao carregar no botão “Registrar Manutenção Preventiva”;

Registo Manutenção
Preventiva

2. Ao clicar no botão aparece uma janela, que deve ser devidamente preenchida. Todos os pontos presentes, pertencem ao novo plano de manutenção criado e demonstrado nos Anexos Q.

Registo de Manutenção Preventiva

Registo de Manutenção Preventiva 5030

1. Esvaziar o carro de detritos
2. Limpar lente de corte
3. Limpeza (carris, foles, escórias, canal de aspiração, chapas de calibração e escovas)
4. Controlar depósito coletor de pó e escórias
5. Substituição dos filtros de chiller
6. Verificação dos níveis da água nos tanques
7. Tubo de aspiração

Observações:

Registrar

3. Para cada ponto há a opção de registar se a manutenção preventiva foi bem sucedida ou não através das opções “Sim” e “Não”. No caso de algum dos pontos não ter sido realizado com sucesso e tiver como resposta a segunda opção, deve-se escrever a razão para tal ter acontecido no campo “Observações”. Caso a razão não seja especificada, aparece a seguinte mensagem: "Especifique a razão pela qual não realizou alguma das tarefas";

Registo de Manutenção Preventiva 5030

1. Esvaziar o carro de detritos
2. Limpar lente de corte
3. Limpeza (carris, foles, escórias, canal de aspiração, chapas de calibração e escovas)
4. Controlar depósito coletor de pó e escórias
5. Substituição dos filtros de chiller
6. Verificação dos níveis da água no
7. Tubo de aspiração

Observações:

Registrar

Microsoft Excel
Especifique a razão pela qual não realizou alguma das tarefas

4. Após o preenchimento de todos os campos, deve-se carregar em “Registrar”;
5. Sempre que se efetua o registo, a informação é guardada automaticamente numa base de dados, e aparece a seguinte mensagem: “Registo efetuado com sucesso!”.

Código desenvolvido em VBA para o programa “Registo_Preventiva” (UserForm)

```
Private Sub RegistrarCB_Click()
```

```
'Verificar que o 1 ponto não está em branco
```

```
If ComboBox1.Value = "" Then
```

```
    MsgBox ("Por favor preencha o primeiro ponto."), vbInformation
```

```
    ComboBox1.SetFocus
```

```
    Exit Sub
```

```
End If
```

```
'Verificar que o 2 ponto não está em branco
```

```
If ComboBox2.Value = "" Then
```

```
    MsgBox ("Por favor preencha o segundo ponto."), vbInformation
```

```
    ComboBox2.SetFocus
```

```
    Exit Sub
```

```
End If
```

```
'Verificar que o 3º ponto não está em branco
```

```
If ComboBox3.Value = "" Then
```

```

MsgBox ("Por favor preencha o terceiro ponto."), vbInformation
ComboBox3.SetFocus
Exit Sub
End If

```

```

'Verificar que o 4 ponto não está em branco
If ComboBox4.Value = "" Then
    MsgBox ("Por favor preencha o quarto ponto."), vbInformation
    ComboBox4.SetFocus
    Exit Sub
End If

```

```

'Verificar que o 5 ponto não está em branco
If ComboBox5.Value = "" Then
    MsgBox ("Por favor preencha o quinto ponto."), vbInformation
    ComboBox5.SetFocus
    Exit Sub
End If

```

```

'Verificar que o 6 ponto não está em branco
If ComboBox6.Value = "" Then
    MsgBox ("Por favor preencha o sexto ponto."), vbInformation
    ComboBox6.SetFocus
    Exit Sub
End If

```

```

'Verificar que o 7 ponto não está em branco
If ComboBox7.Value = "" Then
    MsgBox ("Por favor preencha o sétimo ponto."), vbInformation
    ComboBox7.SetFocus
    Exit Sub
End If

```

```

'Verificar que se houver um não se escreve porquê
If ComboBox1.Value = "Não" Then
    If TextBox1.Text = "" Then

```

```
MsgBox ("Especifique a razão pela qual não realizou alguma das tarefas"), vbInformation
ComboBox1.SetFocus
Exit Sub
End If
End If

If ComboBox2.Value = "Não" Then
If TextBox1.Text = "" Then
MsgBox ("Especifique a razão pela qual não realizou alguma das tarefas"), vbInformation
ComboBox2.SetFocus
Exit Sub
End If
End If

If ComboBox3.Value = "Não" Then
If TextBox1.Text = "" Then
MsgBox ("Especifique a razão pela qual não realizou alguma das tarefas"), vbInformation
ComboBox3.SetFocus
Exit Sub
End If
End If

If ComboBox4.Value = "Não" Then
If TextBox1.Text = "" Then
MsgBox ("Especifique a razão pela qual não realizou alguma das tarefas"), vbInformation
ComboBox4.SetFocus
Exit Sub
End If
End If

If ComboBox5.Value = "Não" Then
If TextBox1.Text = "" Then
MsgBox ("Especifique a razão pela qual não realizou alguma das tarefas"), vbInformation
ComboBox5.SetFocus
Exit Sub
End If
```

End If

If ComboBox6.Value = "Não" Then

 If TextBox1.Text = "" Then

 MsgBox ("Especifique a razão pela qual não realizou alguma das tarefas"), vbInformation

 ComboBox6.SetFocus

 Exit Sub

End If

End If

If ComboBox7.Value = "Não" Then

 If TextBox1.Text = "" Then

 MsgBox ("Especifique a razão pela qual não realizou alguma das tarefas"), vbInformation

 ComboBox7.SetFocus

 Exit Sub

End If

End If

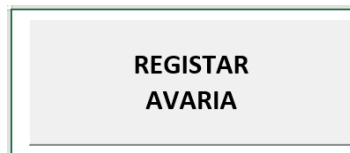
MsgBox ("Registo efetuado com sucesso!")

End Sub

ANEXO R2: Descrição do funcionamento do programa de registo de avaria na produção

Regras de utilização do programa “Registo_Avaria”

1. Para ter acesso a este documento deve-se ir ao separador “Info.Geral” do sistema RisQuantal e escrever no campo de pesquisa o nome do ficheiro “Registo_Avaria”;
2. Abrir o ficheiro *Excel* e carregar no botão “Registar Avaria” para iniciar o programa;



3. Ao clicar no botão aparece a janela com a configuração da figura seguinte, que deve ser devidamente preenchida;

A imagem mostra uma janela de software intitulada "Registo de Avaria". No topo, o título "Registo de Avaria" é exibido em uma fonte maior. Abaixo dele, há três campos de entrada com rótulos "Sector:", "Máquina:" e "Estado da máquina:", cada um seguido por uma seta para baixo indicando uma lista suspensa. Abaixo desses campos, há um campo de texto maior rotulado "Observações:". Na base da janela, há dois botões: "Cancelar" à esquerda e "Registar" à direita.

4. Para cada campo há várias hipóteses, consoante o setor, a máquina e o estado desta.

The image displays four instances of the 'Registo de Avaria' form, each with a title bar and a close button. The forms are arranged in a 2x2 grid. Each form contains the following fields:

- Sector:** A dropdown menu.
- Máquina:** A dropdown menu.
- Estado da máquina:** A dropdown menu.
- Observações:** A text area.
- Buttons:** 'Cancelar' and 'Registrar' at the bottom right.

The data entered in each form is as follows:

- Top Left:** Sector: (empty), Máquina: 2D, Estado da máquina: 3D, Observações: (empty).
- Top Right:** Sector: 2D, Máquina: (empty), Estado da máquina: 5030 Fiber, 5030 CL, 3050, Observações: (empty).
- Bottom Left:** Sector: 3D, Máquina: (empty), Estado da máquina: 7020, Next, 1005, Rápido, Observações: (empty).
- Bottom Right:** Sector: (empty), Máquina: (empty), Estado da máquina: (empty), Observações: Trabalha Condicionada, Não Trabalha.

- Após o preenchimento de todos os campos, deve-se carregar em “Registrar” e é enviado, de forma automática, um *e-mail* para o Departamento de Manutenção.

Notificação Avaria: 7020 - Trabalha Condicionada



Sandro Costa

para mim ▾

Data/Hora: 2018-05-28 12:04:41

Sector: 3D

Máquina: 7020

Estado: Trabalha Condicionada

Observações:

6. Sempre que se efetua o registo, a informação é guardada automaticamente numa base de dados e aparece a seguinte mensagem “Registo efetuado com sucesso!”. Caso se carregue no botão “Cancelar”, nada é gravado e a operação é cancelada;

Código	Data	Secto	Máquina	Estado da máquina	Observações	Tipo	PostoRegisto	Utilizad	Importado
18	5/29/2018 20:31	3D		7020 Trabalha Condicionada	barreiras fora do sítio	Correctiva	DESKTOP-CTHGTIM	Maria	
17	5/29/2018 16:12	2D	5030 Fiber	Não Trabalha		Correctiva	PRT-SCOSTA	scosta	
16	5/29/2018 16:10	2D	5030 Fiber	Trabalha Condicionada		Correctiva	PRT-SCOSTA	scosta	
15	5/29/2018 15:49	2D	5030 CL	Não Trabalha		Correctiva	PRT-SCOSTA	scosta	
14	5/28/2018 12:04	3D		7020 Trabalha Condicionada		Correctiva	PRT-SCOSTA	scosta	
13	5/28/2018 12:02	2D	5030 CL	Não Trabalha		Correctiva	PRT-SCOSTA	scosta	
12	5/25/2018 8:55	2D		3050 Não Trabalha	Erro no programa	Correctiva	PRT-SCOSTA	scosta	
11	5/24/2018 20:43	2D	5030 Fiber	Trabalha Condicionada		Correctiva	DESKTOP-CTHGTIM	Maria	5/29/2018 15:30
10	5/24/2018 20:39	3D		7020 Trabalha Condicionada	Foles	Correctiva	DESKTOP-CTHGTIM	Maria	5/29/2018 15:30
9	5/24/2018 17:05	2D	5030 Fiber	Não Trabalha		Correctiva	DESKTOP-CTHGTIM	Maria	5/29/2018 15:30
8	5/24/2018 15:40	3D	Next	Não Trabalha		Correctiva	PRT-SCOSTA	scosta	5/29/2018 15:30
7	5/24/2018 15:24	3D		7020 Trabalha Condicionada	Ventosa partida	Correctiva	PRT-SCOSTA	scosta	5/29/2018 15:30
6	5/24/2018 15:23	2D	5030 CL	Trabalha Condicionada		Correctiva	PRT-SCOSTA	scosta	5/29/2018 15:30
5	5/24/2018 15:21	2D	5030 CL	Não Trabalha		Correctiva	PRT-SCOSTA	scosta	5/29/2018 15:30
4	5/23/2018 13:00	2D	5030 CL	Trabalha Condicionada		Correctiva	PRT-SCOSTA	scosta	5/29/2018 15:30
3	5/23/2018 12:14	3D		7020 Trabalha Condicionada		Correctiva	PRT-SCOSTA	scosta	5/29/2018 15:30
2	5/23/2018 12:02	2D	5030 Fiber	Trabalha Condicionada		Correctiva	PRT-SCOSTA	scosta	5/29/2018 15:30
1	5/22/2018 17:06	2D	5030 Fiber	Não Trabalha		Correctiva	PRT-SCOSTA	scosta	5/29/2018 15:30

Código desenvolvido em VBA para o programa “Registo_Avaria”

(UserForm)

Option Explicit

'Declaração de variáveis

Dim wb As Workbook

Dim ws1 As Worksheet

Dim ws2 As Worksheet

Dim wsExec As Worksheet

Dim dataExec As Date

Dim TotalRows As Integer

Dim TotalColumns As Integer

Dim i As Integer

Dim j As Integer

Dim Las As String

Dim maquina As String

Dim estado As String

Dim observacoes As String

Dim data As String

Dim sHostName As String

Dim sUserName As String

Dim cod As Integer

Private Sub UserForm_Initialize()

'Desprotege folha

ActiveWorkbook.Unprotect "mp"

'Optimizar Velocidade

Application.ScreenUpdating = False

Application.EnableEvents = False

Application.Calculation = xlCalculationManual

'Oculta Folhas

hideSheets

'Set das variáveis

Set wb = ThisWorkbook

Set ws2 = wb.Sheets("Tabelas")

Set ws1 = wb.Sheets("Exec")

'Coloca folha visível e seleciona

ws2.Visible = xlSheetVisible

ws2.Select

'Calcula número de linhas preenchidas

TotalRows = Cells(Rows.Count, "B").End(xlUp).Row

'Executa ciclo pelas linhas para ler os valores e preencher a combobox

For i = 2 To TotalRows

sectorCB.AddItem ws2.Cells(i, 2).Value

Next i

'Coloca o cursor na primeira combobox

sectorCB.SetFocus

'Esconde folha

ws2.Visible = xlSheetHidden

'Seleciona folha

ws1.Select

'Faz Reset às definições

Application.EnableEvents = True

Application.Calculation = xlCalculationAutomatic

Application.ScreenUpdating = True

End Sub

Private Sub sectorCB_Change()

'Optimizar Velocidade

Application.ScreenUpdating = False

Application.EnableEvents = False

Application.Calculation = xlCalculationManual

'Set das variáveis

Set wb = ThisWorkbook

Set ws2 = wb.Sheets("Tabelas")

Set ws1 = wb.Sheets("Exec")

'Limpa conteúdo da combobox

maquinaCB.Clear

'Coloca folha visível e seleciona

ws2.Visible = xlSheetVisible

ws2.Select

'Calcula número de colunas preenchidas

TotalColumns = Cells(1, Columns.Count).End(xlToLeft).Column

'Executa ciclo pelas colunas até encontrar o sector selecionado e lê as máquinas respeitantes

For i = 3 To TotalColumns

 If ws2.Cells(1, i).Value = sectorCB.Value Then

 TotalRows = Cells(Rows.Count, i).End(xlUp).Row

 For j = 2 To TotalRows

 maquinaCB.AddItem ws2.Cells(j, i).Value

```
        Next j
    End If
Next i

'Esconde folha
ws2.Visible = xlSheetHidden

'Seleciona folha
ws1.Select

'Faz Reset às definições
Application.EnableEvents = True
Application.Calculation = xlCalculationAutomatic
Application.ScreenUpdating = True

End Sub

Private Sub cancelBTN_Click()

'Fecha livro
wb.Close SaveChanges:=True

End Sub

Private Sub registerBTN_Click()

'Optimizar Velocidade
Application.ScreenUpdating = False
Application.EnableEvents = False
Application.Calculation = xlCalculationManual

'Set das Variáveis
Set wb = ThisWorkbook
Set ws1 = wb.Sheets("Dados")
Set ws2 = wb.Sheets("Tabelas")
Set wsExec = wb.Sheets("Exec")
```

'Verificar que o campo Laser não está em branco

If sectorCB.Value = "" Then

MsgBox ("Por favor preencha o Sector."), vbInformation

sectorCB.SetFocus

Exit Sub

End If

'Verificar que o campo Máquina não está em branco

If maquinaCB.Value = "" Then

MsgBox ("Por favor, indique a máquina."), vbInformation

maquinaCB.SetFocus

Exit Sub

End If

'Verificar que o campo Estado da máquina não está em branco

If estadoCB.Value = "" Then

MsgBox ("Por favor, selecione um estado."), vbInformation

estadoCB.SetFocus

Exit Sub

End If

'Calcula data atual

dataExec = Now

data = Format(dataExec, "yyyy-mm-dd hh:mm:ss")

'Verifica código do último registo

If ws1.Range("A2").Value = "" Then

cod = 0

Else

cod = ws1.Range("A2").Value

End If

cod = cod + 1

'Passa valores do formulário para as variáveis

```
Las = sectorCB.Value
```

```
maquina = maquinaCB.Value
```

```
estado = estadoCB.Value
```

```
observacoes = obsTB.Value
```

```
'Lê Host Name/Computer Name
```

```
sHostName = Environ$("computername")
```

```
'Lê User Name
```

```
sUserName = Environ$("username")
```

```
'Desprotege Folha
```

```
ws1.Unprotect "mp"
```

```
'Insere nova linha
```

```
ws1.Range("A2").EntireRow.Insert
```

```
'Preenche folha Dados com variáveis lidas
```

```
ws1.Range("A2").Value = cod
```

```
ws1.Range("B2").Value = dataExec
```

```
ws1.Range("C2").Value = Las
```

```
ws1.Range("D2").Value = maquina
```

```
ws1.Range("E2").Value = estado
```

```
ws1.Range("F2").Value = observacoes
```

```
ws1.Range("G2").Value = "Correctiva"
```

```
ws1.Range("H2").Value = sHostName
```

```
ws1.Range("I2").Value = sUserName
```

```
'Protege Folha
```

```
ws1.Protect "mp", AllowSorting:=True, AllowFiltering:=True
```

```
'Invoca função de envio de email
```

```
Mail_workbook_Outlook Las, maquina, estado, observacoes, data
```

```
'Aguarda que termine
```

```
DoEvents
```

'Notifica sucesso, guarda e fecha o livro

MsgBox "Registo efetuado com sucesso!", vbInformation

wb.Close SaveChanges:=True

'Faz Reset às definições

Application.EnableEvents = True

Application.Calculation = xlCalculationAutomatic

Application.ScreenUpdating = True

End Sub

ANEXO R3: Descrição do funcionamento do programa de pedido e registo de manutenção

Regras de utilização do programa “Manutencao”

Opção 1: Pedido de Intervenção

1. Abrir o ficheiro *Excel* “Manutenção” e iniciar o programa ao carregar no botão “Pedido Interno”;



2. Preenchimento dos campos idêntico ao programa anterior;

A imagem mostra uma janela de software intitulada "Pedido Interno de Manutenção". No topo, há o título "Pedido Interno de Manutenção". Abaixo dele, há três campos de seleção: "Sector:", "Máquina:" e "Estado da máquina:", cada um com uma seta para baixo. Abaixo desses campos, há um campo de texto rotulado "Observações:". No canto inferior direito, há dois botões: "Cancelar" e "Registrar".

3. Após o preenchimento de todos os campos, deve-se carregar em “Registrar” e os dados ficam armazenados.

Opção 2: Registo de Intervenção

1. Abrir o ficheiro *Excel* “Manutenção” e iniciar o programa ao carregar no botão “Registo de Intervenção”;

Registo de Intervenção

2. Ao iniciar o programa, aparece a janela da figura seguinte;

The screenshot shows a window titled "Registo de Intervenção". Inside, there are several input fields: "Código:" with a text box containing "1"; "Máquina:" with a text box; "Estado:" with a text box; "Obs:" with a large text area; "Novo estado:" with a dropdown menu; "Erro:" with a text box; "Causa:" with a text box; and "Resolução:" with a text box. A "Registrar" button is at the bottom right.

3. Preencher o campo “Código” com a referência do pedido de manutenção ao qual se pretende dar resposta;
4. Os campos “Máquina”, “Estado” e “Observações” são preenchidos automaticamente, dependendo do código introduzido;
5. Preencher o campo “Novo Estado” com o estado atual da máquina após ser realizada a intervenção;

The screenshot shows the same "Registo de Intervenção" window, but now with pre-filled data: "Código:" contains "3"; "Máquina:" contains "7020"; "Estado:" contains "Trabalha Condicionada"; and "Obs:" is empty. The "Novo estado:" dropdown menu is open, showing three options: "Operacional", "Operacional Condicionada", and "Parada". The "Registrar" button remains at the bottom right.

6. Preencher o campo “Erro” com o erro detetado na máquina, o campo “Causa” com a causa deste e, por fim, o campo “Resolução” com o procedimento realizado;
7. Após o preenchimento de todos os campos, deve-se carregar em “Registar”;
8. A informação é guardada automaticamente na base de dados.

Código desenvolvido em VBA para o programa “Manutencao” (UserForm)

Option Explicit

Dim i As Integer

Dim TotalRows As Integer

Dim wb As Workbook

Dim ws1 As Worksheet

Dim ilinha As Integer

Dim dataExec As Date

Dim data As String

Private Sub Codigo_TextBox_Change()

'Set das variáveis

Set wb = ThisWorkbook

Set ws1 = wb.Sheets("Dados")

'Calcula número de linhas preenchidas

TotalRows = ws1.Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row

Maquina_TextBox.Text = ""

Estado_TextBox.Text = ""

Obs_TextBox.Text = ""

For i = 2 To TotalRows

If ws1.Cells(i, 1).Value <> Codigo_TextBox.Text Then

If i = TotalRows Then

MsgBox ("Código não existe"), vbCritical

Exit For

```

End If

Else

    Maquina_TextBox.Text = ws1.Cells(i, 4).Value
    Estado_TextBox.Text = ws1.Cells(i, 5).Value
    Obs_TextBox.Text = ws1.Cells(i, 6).Value

    ilinha = i

Exit For
End If
Next i

End Sub

Private Sub Fechar_Click()

'Verificar que o campo Codigo não está em branco
If Codigo_TextBox.Value = "" Then
    MsgBox ("Por favor preencha o Codigo."), vbExclamation, "Falta de preenchimento"
    Codigo_TextBox.SetFocus
Exit Sub
End If

'Verificar que o campo Estado não está em branco
If Estado_ComboBox.Value = "" Then
    MsgBox ("Por favor preencha o Estado."), vbExclamation, "Falta de preenchimento"
    Estado_ComboBox.SetFocus
Exit Sub
End If

'Verificar que o campo Erro não está em branco
If Erro_TextBox.Value = "" Then
    MsgBox ("Por favor preencha o Erro."), vbExclamation, "Falta de preenchimento"
    Erro_TextBox.SetFocus

```

```
Exit Sub
End If

'Verificar que o campo Causa não está em branco
If Causa_TextBox.Value = "" Then
    MsgBox ("Por favor preencha a Causa."), vbExclamation, "Falta de preenchimento"
    Causa_TextBox.SetFocus
    Exit Sub
End If

'Verificar que o campo Codigo não está em branco
If Res_TextBox.Value = "" Then
    MsgBox ("Por favor preencha a Resolução."), vbExclamation, "Falta de preenchimento"
    Res_TextBox.SetFocus
    Exit Sub
End If

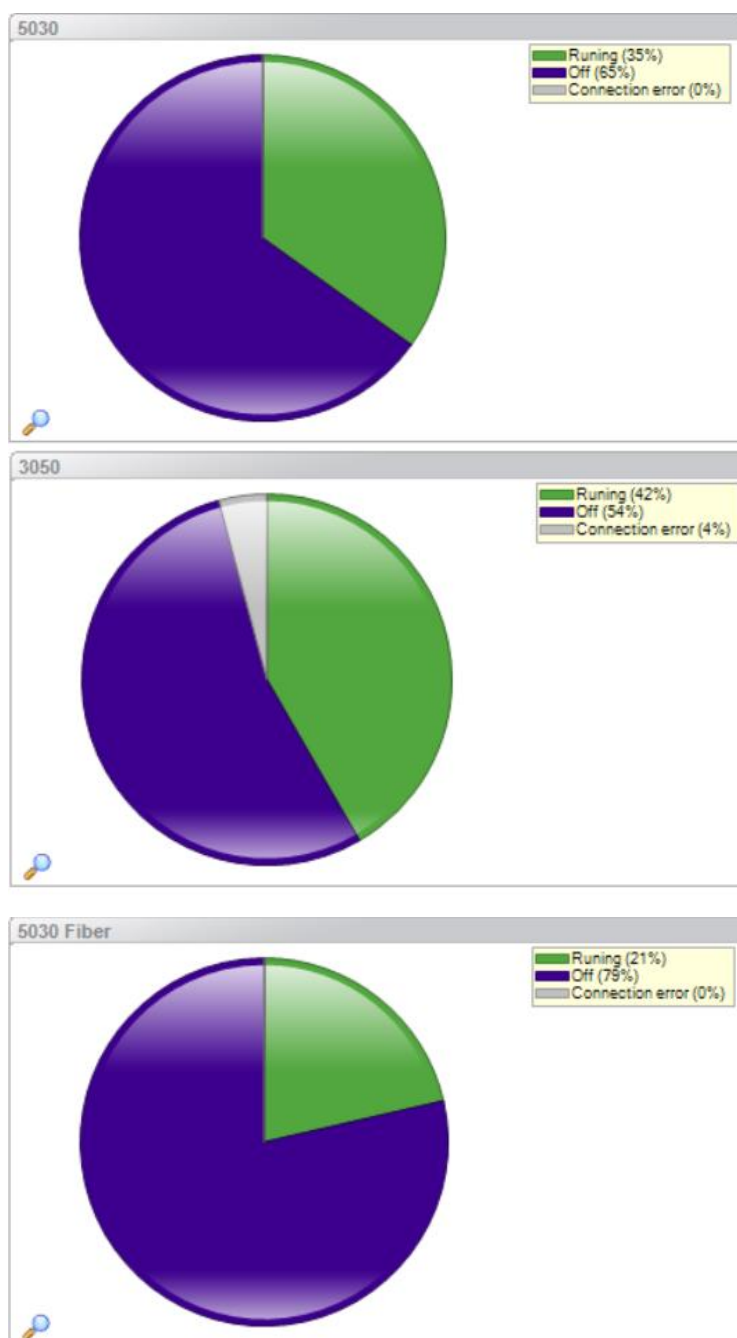
'Calcula data actual
dataExec = Now
data = Format(dataExec, "yyyy-mm-dd hh:mm:ss")

'Preenche folha Dados com variáveis lidas
ws1.Cells(ilinha, 11).Value = Estado_ComboBox.Value
ws1.Cells(ilinha, 12).Value = Erro_TextBox.Value
ws1.Cells(ilinha, 13).Value = Causa_TextBox.Value
ws1.Cells(ilinha, 14).Value = Res_TextBox.Value
ws1.Cells(ilinha, 15).Value = data

End Sub
```

ANEXO S: Comparação dos valores de disponibilidade durante a semana e fim-de-semana

Valores retirados durante a semana



Valores retirados durante os períodos de fim-de-semana

